

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**DISEÑO VIAL PARA LA AMPLIACIÓN, RECTIFICACIÓN Y ASFALTADO
DE LA VÍA QUE INTERCONECTA LA PRE-COOPERATIVA MARISCAL
SUCRE-COMUNIDAD BRISAS DEL JIVINO, LONGITUD=6.138 KM,
PARROQUIA LA JOYA DE LOS SACHAS, CANTON LA JOYA DE LOS
SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA.**

AUTORES:

**HENRY PAÚL GÓMEZ SÁENZ
JONATHAN FERNANDO SUQUILLO OÑA**

TUTOR:

HUGO PATRICIO CARRIÓN LATORRE

Quito, marzo del 2020.

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Gómez Sáenz Henry Paúl y Suquillo Oña Jonathan Fernando con documento de identificación N° 220004402-8, N°171969270-7 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO VIAL PARA LA AMPLIACIÓN, RECTIFICACIÓN Y ASFALTADO DE LA VÍA QUE INTERCONECTA LA PRE-COOPERATIVA MARISCAL SUCRE-COMUNIDAD BRISAS DEL JIVINO, LONGITUD=6.138 KM, PARROQUIA LA JOYA DE LOS SACHAS, CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, marzo 2020.



Henry Paúl Gómez Sáenz
220004402-8



Jonathan Fernando Suquillo Oña
171969270-7

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, “DISEÑO VIAL PARA LA AMPLIACIÓN, RECTIFICACIÓN Y ASFALTADO DE LA VÍA QUE INTERCONECTA LA PRE-COOPERATIVA MARISCAL SUCRE-COMUNIDAD BRISAS DEL JIVINO, LONGITUD=6.138 KM, PARROQUIA LA JOYA DE LOS SACHAS, CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA” realizado por Henry Paúl Gómez Sáenz y Jonathan Fernando Suquillo Oña, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo 2020



Hugo Patricio Carrión Latorre

060301572-8

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación quiero dedicarlo principalmente a Dios quien me ha brindado vida y sabiduría hasta el día de hoy y poder así culminar una parte de mi formación profesional.

A mis amados padres Luis Gómez y Rosa Sáenz quienes siempre han estado presente en todo momento dándome su apoyo incondicional para hoy poder conseguir este gran logro, y poder culminar una etapa más de mi vida, por lo cual siempre viviré agradecido de todo corazón, Muchas gracias, Padre y Madre por todo su cariño y paciencia.

De igual manera a mis tres hermanos Cristhian, Omar y mi pequeña angelita que me acompaña siempre desde el cielo Liz Gómez, quienes de igual manera me han acompañado durante este largo camino y me han brindado su apoyo en todo momento.

A Daniela Argoti, una amiga que la vida puso en mi camino, en la cual vi una gran persona llena de dedicación y superación, gracias por todo el apoyo desinteresado y por haber estado en los momentos más difíciles de mi vida, fighting.

A todos mis familiares y amigos que siempre me regalaron un poco de su tiempo para alentarme a seguir adelante y hoy estar donde estoy, muchas gracias.

Henry Gómez

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme el Don de la sabiduría para poder alcanzar este objetivo.

A mi madre Janeth, por brindarme todos los recursos, amor, comprensión y por privarse de muchas cosas por apoyarme, ¡este logro es tuyo también!

A mis abuelitos Mia y Papio, por hacer que tenga la mejor de las infancias, por educarme correctamente y enseñarme a ser un hombre de bien.

A Nicole, Natasha y Emilio, por ser mi mayor fuente de inspiración para ser mejor cada día, gracias por esperarme y caminar conmigo todo este tiempo.

A mis tíos Jorge y Fredy, por su apoyo en los tiempos difíciles y por enseñarme lo que es ganarse el pan de cada día.

A mis tías Miriam y Pilar, por cumplir el rol de las hermanas que nunca tuve.

Jonathan Suquillo

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, por permitirnos forjarnos en sus aulas y poder culminar hoy nuestros estudios profesionales de pregrado, de igual manera a cada uno de los docentes que conforman la carrera de Ingeniería Civil, los mismos que siempre estuvieron a lado de nosotros cultivando conocimientos tanto morales como técnicos, para un día llegar a ser unos excelentes profesionales.

A nuestro tutor Ing. Hugo Carrión, quien nos dio la oportunidad de trabajar juntos en este proyecto técnico, expresamos nuestros sinceros agradecimientos por todo el apoyo, dedicación y estima hacia nosotros.

“Hemos de hacer buenos cristianos y honrados ciudadanos” (Juan Bosco)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	ANTECEDENTES	1
1.1	Planteamiento del Problema	1
1.2	Justificación	1
1.3	Alcance	2
1.4	Importancia	3
1.5	Propuesta de intervención y beneficiarios	4
1.6	Objetivos.....	5
1.6.1	Objetivo General.	5
1.6.2	Objetivos Específicos.	5
1.7	Localización General del Proyecto	6
1.7.1	Limites.....	7
2.	TOPOGRAFIA.....	8
2.1	Antecedentes.....	8
2.2	Tipo de terreno.....	8
2.3	Sistemas de Coordenadas.....	9
2.4	Ubicación del Proyecto.....	11
2.5	Hitos.....	12
3.	ESTUDIO DE TRÁFICO	16
3.1	Antecedentes.....	16

3.2	Alcance	16
3.3	Metodología empleada.....	17
3.4	Estaciones de conteo	20
3.5	Tráfico promedio diario anual (TPDA)	21
3.6	Proyección del tráfico actual.....	25
3.7	Asignación de tráfico	31
3.8	Determinación de la clase de vía de acuerdo con el tráfico.....	33
3.9	Cálculo de los ejes equivalentes por el método AASHTO.....	34
4.	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO	37
4.1	Localización del Proyecto.....	37
4.2	Descripción Geológica de la zona de Estudio	38
4.3	Tectónica y estructura geológica	40
4.4	Propiedades físicas de la sub-rasante.....	45
4.4.1	Clasificación de suelos AASHTO.....	49
4.4.2	Clasificación de suelos SUCS.	49
4.4.3	Perfil estratigráfico.	51
4.4.4	Propiedades mecánicas de la sub rasante – Modulo Resiliente.....	53
4.5	Análisis de fuentes del material pétreo.	55
4.5.1	Localización de la mina.....	56
4.5.2	Clasificación de los materiales de la mina.	57

4.5.3	Especificaciones Técnicas.....	61
5.	DISEÑO DE PAVIMENTO	67
5.1	Generalidades.....	67
5.2	Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 1993.....	75
5.2.1	Pavimento flexible, asfalto.....	75
5.2.2	Determinación de los espesores de cada capa.....	86
5.2.3	Espesores mínimos en función del SN.....	88
5.2.4	Especificaciones y cantidades de obra.....	90
5.3	Diseño de pavimento rígido por el método AASHTO 1993	91
5.3.1	Pavimento rígido, hormigón.....	91
5.3.2	Determinación de los espesores de cada capa.....	94
5.3.3	Espesores mínimos en función del SN.....	98
5.3.4	Especificaciones y cantidades de obra.....	99
6.	DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA	100
6.1	Generalidades.....	100
6.2	Descripción actual de la vía.....	100
6.3	Criterios de diseño de la vía.....	102
6.3.1	Velocidad de Diseño.....	102
6.3.2	Velocidad de circulación.....	104
6.3.3	Coeficiente de fricción lateral.....	105

6.3.4	Peralte.....	105
6.3.5	Radio mínimo de curvatura.	106
6.3.6	Distancias de visibilidad.....	108
6.3.7	Distancia de Rebasamiento.	110
6.4	Sección Transversal	112
6.4.1	Calzada o Pavimento.	113
6.4.2	Espaldones.....	114
6.4.3	Taludes.	115
6.4.4	Cunetas.	116
6.4.5	Sección típica adoptada.	116
6.5	Diseño Horizontal.....	117
6.5.1	Curvas circulares.	117
6.5.2	Curva circular simple.	118
6.5.3	Transición del peralte.	118
6.5.4	Sobreanchos.....	120
6.5.5	Resumen de diseño Horizontal.....	122
6.6	Diseño vertical	123
6.6.1	Gradientes.....	123
6.6.2	Curvas verticales.	125
6.6.3	Resumen de diseño vertical.....	129

6.7	Movimiento de tierra.	129
6.7.1	Especificaciones y cantidades de obra.	130
6.7.2	Curva de masas.	131
7.	DISEÑO HIDRÁULICO	132
7.1	Alcance	132
7.2	Información Utilizada	133
7.3	Trazado de la cuenca de drenaje	134
7.4	Drenaje longitudinal	134
7.5	Drenaje transversal	135
7.6	Diseño de las obras de drenaje.	135
7.6.1	Intensidad de precipitación para un periodo de retorno.	135
7.6.2	Coeficiente de escorrentía.	141
7.6.3	Caudales de diseño.	143
7.6.4	Dimensionamiento de obras de drenaje.	145
7.6.5	Diseño de alcantarillas.	155
8.	SEÑALIZACIÓN	161
8.1	Señalización horizontal	161
8.2	Señalización vertical	174
8.3	Reductores de velocidad	181
8.4	Especificaciones técnicas y normativas INEN.	182

8.5 Materiales a ser utilizados en la señalización horizontal y vertical	184
9. EVALUACIÓN AMBIENTAL	186
9.1 Antecedentes	186
9.2 Diagnóstico de la situación	186
9.2.1 Área de influencia socio económica.....	188
9.3 Ubicación de la escombrera	188
9.4 Caracterización Ambiental	188
9.4.1 Sistema Abiótico.	190
9.4.2 Sistema Biótico.....	203
9.4.3 Medio antrópico.	205
9.5 Identificación de impactos ambientales	212
9.5.1 Evaluación de los impactos ambientales	213
9.6 Plan de manejo Ambiental.....	215
9.7 Tabla resumen de medidas del PMA	229
9.8 Costos ambientales	231
CAPÍTULO 10	234
10. ANALISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO	234
10.1 Análisis de precios Unitarios	234
10.2 Presupuesto de Obra.....	235
10.2.1 Cantidades de Obra.	235

10.3	Cronograma Valorado de ejecución.....	237
10.4	Cálculo de los beneficios valorados	237
10.5	Evaluación económica financiera	245
10.5.1	Mantenimiento vial.....	245
10.5.2	Valor Actual Neto (VAN).	246
10.5.3	Tasa Interna de Retorno (TIR).	248
10.5.4	Beneficio/Costo (B/C).	249
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	253
11.1	Conclusiones	253
11.2	Recomendaciones.....	256
	Bibliografía.....	257

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población beneficiada del proyecto	4
Tabla 2: Ficha técnica de la Estación Total.....	10
.....	10
Tabla 3: Ficha técnica del GPS.	11
Tabla 4: Ubicación del proyecto en coordenadas UTM.....	11
Tabla 5: Ubicación del proyecto en coordenadas geográficas.	12
Tabla 6: Ubicación de BMS.	13
Tabla 7: Formulario detallado para el conteo manual.	18
Tabla 8: Resumen del conteo en la Estación 1, ABS 0+000.....	19
Tabla 9: Resumen del conteo en la Estación 2, ABS 6+138.....	19
Tabla 10: Resumen del tráfico total existente en las estaciones 1 y 2.....	20
Tabla 11: Estaciones de conteo Manual.	21
Tabla 13: Resumen del ajuste del Tráfico Diario Mensual (TPDM)	23
Tabla 14: Consumo de combustible de la Provincia de Orellana.....	24
Tabla 15: Factor de Ajuste mensual del proyecto.	24
Tabla 16: Tráfico Promedio Diario Anual.	25
Tabla 17: Tasa de crecimiento vehicular del proyecto.....	26
Tabla 18: Cálculo del Tráfico Proyectado a 10 y 20 años.....	27
Tabla 19: Tráfico por desarrollo del Proyecto.....	29
Tabla 20: Tráfico Generado del Proyecto.	31
Tabla 21: Tráfico Promedio Diario Anual total para diferentes periodos.....	32
Tabla 22: Tráfico Promedio Diario Anual para los periodos de 10 y 20 años.	32

Tabla 23: Clasificación de carretera en función al Tráfico Proyectado.	33
Tabla 24: Clasificación funcional de la vía del Proyecto.	33
Tabla 25: Factor Carril	34
Tabla 26: Factor Dirección.....	35
Tabla 27: Formulas simplificadas para el cálculo del factor de equivalencia de carga por cada tipo de eje	35
Tabla 28: Determinación de ESALS para el año base.	36
Tabla 29: Número de Ejes Equivalentes (ESAL's) para un periodo de 10 años.	36
Tabla 30: Número de Ejes Equivalentes (ESAL's) para un periodo de 20 años.	36
Tabla 31: Coordenadas de la Ubicación del Proyecto.....	37
Tabla 32: Espaciamiento aproximado de las perforaciones.	45
Tabla 33: Ubicación de Calicatas para el Muestreo.	46
Tabla 34: Resumen de la clasificación AASHTO y SUCS.....	50
Tabla 35: Clasificación de Suelos en función del valor del CBR.	53
Tabla 36: Resumen de los valores obtenidos del CBR.	53
Tabla 37: Valores de CBR para el cálculo del percentil 85%.	54
Tabla 38: Localización de minas seleccionadas para el proyecto.	56
Tabla 39: Granulometría de la Base de la Mina La Realidad.	57
Tabla 40: Resultado del Ensayo de Abrasión de la Base de la Mina La Realidad.....	58
Tabla 41: Tipo de Base Clase 1 normativa MOP.	59
Tabla 42: Granulometría de la Sub-Base de la Mina La Realidad.	59
Tabla 43: Resultado de Ensayo de Abrasión para Sub-Base.....	60
Tabla 44: Tipo de Sub-Base normativa MTOP.....	61

Tabla 45: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Sub-Base	62
Tabla 46: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 1	64
Tabla 47: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 2.	64
Tabla 48: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 3	65
Tabla 49: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 4	66
Tabla 50: Tráfico Promedio Diario Anual para los periodos de 10 y 20 años.	68
Tabla 51: Ejes Equivalentes para los periodos de 10 y 20 años	68
Tabla 52: Niveles de confiabilidad Sugeridos para varias Clasificaciones Funcionales.	69
Tabla 53: Valores de la Desviación Estándar Normal (ZR), corresponde a niveles seleccionados de confiabilidad.....	70
Tabla 54: Valor de Desviación Estándar (So) para un tipo de pavimento.	70
Tabla 55: Índice de Serviciabilidad de diseño.....	71
Tabla 56: Tiempo de remoción del agua en función de la calidad de drenaje.	73
Tabla 57: Precipitación media mensuales – Estación M052 Coca Aeropuerto.	73
Tabla 58: Valores de m recomendados para los coeficientes de capa asfáltica modificados de materiales de base y Sub base no tratada en pavimentos Flexibles.....	74

Tabla 59: Valores recomendados del coeficiente de drenaje Cd, para el Diseño de Pavimentos Rígidos.....	74
Tabla 60: Resumen de los parámetros de la sub rasante para determinar el número estructural de diseño.....	75
Tabla 61: Resumen de los parámetros del mejoramiento para determinar el número estructural de diseño.....	78
Tabla 62: Resumen de los parámetros de la sub-base para determinar el número estructural de diseño.....	80
Tabla 63: Resumen de los parámetros de la Base para determinar el número estructural de diseño.....	83
Tabla 64: Criterios de control de calidad de mezclas asfálticas	85
Tabla 65: Espesores de cálculos adoptados en pulgadas para un periodo de 10 años	88
Tabla 66: Espesores de cálculos adoptados en pulgadas para un periodo de 20 años	88
Tabla 67: Espesores mínimos (pulgadas).....	88
Tabla 68: Espesores finales de cálculo para el pavimento, periodo 10 años.....	89
Tabla 69: Espesores finales de cálculo para el pavimento, periodo 20 años.....	89
Tabla 70: Cantidades de Obra del diseño de pavimento flexible.	90
Tabla 71: Módulo de ruptura en función del tipo de vía	91
Tabla 72: Coeficientes de transferencia de carga recomendados para varios tipos de pavimentos y condiciones de Diseño.	92
Tabla 73: Valores típicos de módulos de elasticidad de materiales para pavimentos	93
Tabla 74: Resumen de los parámetros de la Losa para determinar el número estructural de diseño.....	96

Tabla 75: Espesores de la capa del pavimento rígido	98
Tabla 76: Cantidades de Obra del diseño de pavimento rígido.....	99
Tabla 77.: Descripción actual de la vía	100
Tabla 78: Velocidades de diseño de tramos homogéneos	103
Tabla 79: Velocidades de diseño en función del tipo de terreno y TPDA	104
Tabla 80: Relación entre la velocidad de diseño y velocidad de circulación.....	105
Tabla 81: Radios mínimos de curva en función del peralte (e) y del coeficiente de fricción lateral (f)	108
Tabla 82: Distancia de visibilidad mínima de parada de un vehículo, criterio de diseño pavimentos mojados y gradiente horizontal 0%	110
Tabla 83: Distancias mínimas de visibilidad y velocidades de los vehículos rebasados y rebasante.....	112
Tabla 84: Valores de diseño para el ancho del pavimento en función de los volúmenes de tráfico, para el Ecuador	114
Tabla 85: Ancho de espaldones, en relación con el tipo de carretera, recomendado para el Ecuador.....	115
Tabla 86: Valores de diseño recomendables de los taludes en terrenos planos	116
Tabla 87: Elementos de sección adoptada.....	117
Tabla 88: Gradiente longitudinal recomendada para el desarrollo del peralte	119
Tabla 89: Sobreanchos calculados para el proyecto.....	121
Tabla 90: Resumen de diseño horizontal	122
Tabla 91: Gradientes medias máximas a adoptarse.....	124
Tabla 92: Valores de K para las diferentes velocidades de diseño	127

Tabla 93: Valores de K para las diferentes velocidades de diseño	128
Tabla 94: Resumen de diseño vertical.....	129
Tabla 95: Volúmenes de corte y relleno.....	130
Tabla 96: Periodos de retorno para diseño	136
Tabla 97: Ecuación representativa Estación M0293 Palmo riente – Huachito	139
Tabla 98: Intensidades Máximas en 24 Horas para varios periodos de retorno de la Estacion M0293 Palmoriente – Huachito	139
Tabla 99: Intensidades máx. para diferentes duraciones y periodos de retorno (mm/h).	140
Tabla 100: Coeficientes de Escorrentía.....	142
Tabla 101: Coeficiente de Escorrentía según Ven te Chow (1988)	142
Tabla 102: Coeficientes de Escorrentía.....	146
Tabla 103: Capacidad hidráulica de cunetas y canales triangulares	146
Tabla 104: Resumen de diseño de cunetas del borde izquierdo y derecho	148
Tabla 105: Coeficientes de rugosidad para materiales usados en alcantarillas	157
Tabla 106: Resumen de diseño de alcantarillas.....	158
Tabla 107: Resumen de alcantarillas con control de entrada	160
Tabla 108: Relación señalización lineal de separación. de circulación opuesta segmentada.....	163
Tabla 109: Relación señalización / Línea de espaciamiento de carril.....	165
Tabla 110: Distancia de visibilidad.....	173
Tabla 111: Distancia de rebasamiento mínimo.	173
Tabla 112: Dimensiones de señales preventivas.	176

Tabla 113: Espaciamiento máx. de delineadores de curva horizontal, de acuerdo con el radio de curvatura.....	180
Tabla 114: Catálogo de categorización ambiental nacional.	189
Tabla 115: Precipitación media mensual (mm).....	190
Tabla 116: Valores característicos de pluviosidad anual (mm).	191
Tabla 117: Información adicional relacionada con la pluviosidad.....	191
Tabla 118: Temperatura media mensual y anual (°C), Estación Coca – Aeropuerto.	192
Tabla 119.: Valores medios mensuales de humedad relativa del aire en (%), Estación Coca-Aeropuerto.	193
Tabla 120: Velocidad media y frecuencias de viento Estación M1221 “San José de Payamino”	195
Tabla 121: Valores medios mensuales de heliofanía, Estación Palmoriente Huashito.	196
Tabla 122: Cobertura vegetal y uso de suelo 2013.	197
Tabla 123: Principales cuencas hídricas del cantón La Joya de los Sachas.	199
Tabla 124: Crecimiento poblacional a nivel urbano y rural del cantón La Joya de los Sachas.....	205
Tabla 125: Densidad de población del cantón La Joya de los Sachas por circunscripciones parroquiales.	206
Tabla 126: Turismo comunitario CTC y ETC – cantón La Joya de los Sachas.	208
Tabla 127: Equipamiento de unidades de salud.	211
Tabla 128: Morbilidad.....	211

Tabla 129: Pobreza y desigualdad del cantón La Joya de los Sachas.	212
Tabla 130: Valores asignados al riesgo del impacto ambiental.	214
Tabla 131: Plan de prevención y mitigación de impactos en el suelo.	216
Tabla 132: Plan de prevención y mitigación de impactos en el aire.	217
Tabla 133: Plan de prevención y mitigación de impactos en el agua.	218
Tabla 134: Plan de manejos de desechos comunes.	219
Tabla 135: Plan de seguridad y salud ocupacional.	220
Tabla 136: Plan de señalización.	221
Tabla 137: Plan de contingencia.	222
Tabla 138: Plan de rehabilitación.	223
Tabla 139: Plan de cierre, abandono y entrega del área del proyecto.	224
Tabla 140: Valoración de los impactos ambientales del proyecto.	225
Tabla 141: Rangos de comparación para la magnitud e importancia.	226
Tabla 142: Matriz de Leopold.	227
Tabla 143: Plan de Monitoreo y Seguimiento.	227
Tabla 144: Resumen de medidas del PMA.	229
Tabla 145: Costos ambientales del proyecto vial.	231
Tabla 146: Cantidades para la ejecución de la obra	236
Tabla 147: Consumo de combustible antes de la ejecución del proyecto.	238
Tabla 148: Consumo de combustible después de la ejecución del proyecto.	238
Tabla 149: Consumo de neumáticos antes de la ejecución del proyecto.	239
Tabla 150: Consumo de neumáticos después de la ejecución del proyecto.	239
Tabla 151: Consumo de amortiguadores antes de la ejecución del proyecto.	240

Tabla 152: Consumo de amortiguadores después de la ejecución del proyecto.	240
Tabla 153: Consumo del sistema de frenos antes de la ejecución del proyecto.	241
Tabla 154: Consumo del sistema de frenos después de la ejecución del proyecto. .	241
Tabla 155: Consumo del aceite antes de la ejecución del proyecto	241
Tabla 156: Consumo del aceite después de la ejecución del proyecto	242
Tabla 157: Costo del transporte de productos antes de la ejecución del proyecto ...	242
Tabla 158: Costo del transporte de productos después de la ejecución del proyecto	243
Tabla 159: Beneficios económicos una vez ejecutado el proyecto.	243
Tabla 160: Proyección de beneficios totales del proyecto para el periodo de diseño de 20 años.	245
Tabla 161: Costo del mantenimiento vial del proyecto.	246
Tabla 162: Resumen del Presupuesto de construcción vial.	246
Tabla 163: Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)	248
Tabla 164: Cálculo de la Tasa de Retorno Interna (TIR).	249
Tabla 165: Cálculo del beneficio / costo	250
Tabla 166: Ruta crítica del proyecto	251
Tabla 167: Fórmula polinómica del proyecto	252

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del proyecto, Inicio 0+000 y Fin 6+138.	6
Figura 2: Ubicación Satelital del proyecto.	12
Figura 3: Ubicación de BMS.	14
Figura 4: Ubicación de BMS.	15
Figura 5: Instrucción a los aforadores para la cuantificación vehicular.	17
Figura 6: <i>Clasificación Vehicular del proyecto</i>	19
Figura 7: Distribución del Tráfico existente en el Proyecto.	20
Figura 8: Ubicación de las Estaciones de conteos 1 (INICIO) y 2 (FIN).	21
Figura 9: Rutas existentes en el sector del proyecto	28
Figura 10: Estadísticas vehiculares Provincia de Orellana.	30
Figura 11: Ubicación del Proyecto.	37
Figura 12: Rango de Pendientes del cantón Joya de los Sachas.	39
Figura 13: Unidades geomorfológicas del cantón La Joya de los Sachas	39
Figura 14: Mapa tectónico de la Cuenca Oriente (modificado de Baby et al, 1999).	41
Figura 15: Mapa geológico del cantón La Joya de los Sachas.	42
Figura 16: Zonas Inundables del Cantón La Joya de los Sachas.	43
Figura 17: Intensidad Sísmica del cantón La Joya de los Sachas.	44
Figura 18: Extracción del material in situ de cada una de las calicatas.	46
Figura 19: Perfil Estratigráfico de clasificación de suelos SUCS	51
Figura 20: Perfil Estratigráfico de clasificación de suelos AAHSTO.	52
Figura 21: Ubicación de minas seleccionadas para el proyecto.	56
Figura 22: Curva Granulométrica de la Base de la Mina La Realidad.	58

Figura 23: Curva Granulométrica de la Sub Base.....	60
Figura 24: Numero Estructural para pavimento flexible para un periodo de 10 años	76
Figura 25: Numero Estructural para pavimento flexible para un periodo de 20 años	76
Figura 26: Abaco correspondiente a los parámetros de resistencia del mejoramiento	77
Figura 27: Número Estructural del mejoramiento para pavimento flexible para un periodo de 10 años	78
Figura 28: Número Estructural del mejoramiento para pavimento flexible para un periodo de 20 años	78
Figura 29: Abaco correspondiente a los parámetros de resistencia de la sub-base....	79
Figura 30: Número Estructural de la sub-base para pavimento flexible para un periodo de 10 años.....	81
Figura 31: Número Estructural de la sub-base para pavimento flexible para un periodo de 20 años.....	81
Figura 32: Abaco correspondiente a los parámetros de resistencia de la Base.	82
Figura 33: Número Estructural de la Base para pavimento flexible para un periodo de 10 años	83
Figura 34: Número Estructural de la Base para pavimento flexible para un periodo de 20 años	84
Figura 35: Abaco correspondiente para la carpeta asfáltica.....	85
Figura 36: Detalle de los números estructurales para un periodo de 10 años	87
Figura 37: Detalle de los números estructurales para un periodo de 20 años	87

Figura 38: Sección típica del diseño de pavimento flexible de la vía Mariscal Sucre – Brisas del Jivino	90
Figura 39: Carta para estimar los módulos de reacción de la sub rasante compuestos, k, asumiendo un espesor Semi-infinito de Sub rasante.....	94
Figura 40: Espesor de la losa para un periodo de 10 años	97
Figura 41: Espesor de la losa para un periodo de 20 años	97
Figura 42: Sección típica del diseño de pavimento rígido de la vía Mariscal Sucre – Brisas del Jivino	98
Figura 43: Distancia de visibilidad de parada	109
Figura 44: Distancia de visibilidad de adelantamiento en carreteras de dos carriles de dos sentidos	111
Figura 45: Sección transversal típica mixta, pavimentada en recta	113
Figura 46: Sección transversal adoptada	117
Figura 47: Elementos geométricos que conforman una curva circular simple	118
Figura 48: Transición del peralte.....	119
Figura 49: Sobreancho en las curvas	121
Figura 50: Diagrama de curva de masas del proyecto Mariscal Sucre – Brisas del Jivino	131
Figura 51: Trazado de la cuenca	134
Figura 52: Intensidades de precipitación.....	138
Figura 53: Curvas IDF.....	140
Figura 54: Área de la cuenca de aportación del cauce que atraviesa la vía Mariscal Sucre – Brisas del Jivino.....	144

Figura 55: Sección típica adoptada	147
Figura 56: Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta	164
Figura 57: Doble línea continua (línea de barrera), con ejemplo de tachas a 12,00 m	164
Figura 58: Doble línea mixta: continua y segmentada	165
Figura 59: Líneas de separación de carriles segmentados.....	166
Figura 60: Líneas continuas de borde, con espaldón o berma.....	167
Figura 61: Líneas continuas de borde, sin espaldón o berma.....	167
Figura 62: Línea de prohibición de estacionamiento en calzada.....	168
Figura 63: Línea de pare en intersección con señal vertical de pare	169
Figura 64.: Línea ceda el paso en vía bidireccional.	170
Figura 65: Línea de detención	170
Figura 66: Línea de paso peatonal.....	171
Figura 67: Demarcadores (ojos de gato, tacha)	172
Figura 68: Zonas de no rebasar en curva horizontal.	174
Figura 69: Señal regulatoria de No Rebasar.....	175
Figura 70: Señal regulatoria de velocidad máxima	176
Figura 71: Señal preventiva de curva cerrada izquierda y derecha	177
Figura 72: Señal preventiva de una curva abierta izquierda y derecha.	177
Figura 73: Señal preventiva de puente angosto.....	178
Figura 74: Señal informativa de advertencia de destino.	179
Figura 75: Señal informativa de delineadores de curva horizontal.	179
Figura 76: Ubicación longitudinal de los delineadores de curva horizontal.	180

Figura 77. Señalización informativa de postes de kilometraje.....	181
Figura 78: Resalto en calzada bidireccional de circulación.	182
Figura 79: Cobertura vegetal y uso del suelo del cantón La Joya de los Sachas.	187
.....	191
Figura 80: Histograma de precipitación Estación Coca Aeropuerto.	191
Figura 81: Histograma de temperaturas Estación Coca-Aeropuerto.	192
Figura 82: Distribución mensual de humedad relativa.....	193
Figura 83: Nubosidad mensual Estación M1221 “San José de Payamino”.	194
Figura 84: Balance Hídrico – Estación Coca Aeropuerto.	195
Figura 85: Histograma de heliofanía.	196
Figura 86: Cobertura vegetal y uso del suelo.	198
Figura 87: Cuencas hidrográficas del cantón La Joya de los Sachas.	199
Figura 88: Tipos de suelos del cantón La Joya de los Sachas.	201
Figura 89: Texturas del suelo del cantón La Joya de los Sachas.	203
Figura 90: Distribución de población por parroquias.....	206
Figura 91: Nivel de Analfabetismo.	209
Figura 92: Nivel de instrucción urbana del cantón La Joya de los Sachas.	210

RESUMEN

En el Cantón La Joya de los Sachas, interconecta una vía las comunidades Mariscal Sucre –Brisas del Jivino, siendo un tramo de 6.138 km en mala condición, lo cual afecta directamente a la población del sector. Siendo la principal actividad económica del sector la agricultura e industria petrolera se justifica la ejecución del estudio vial para mejorar la movilidad y por consiguiente aportar al desarrollo del sector.

Con la información levantada por el GADPO se realizó el estudio topográfico, determinándose que el tipo de terreno es Ondulado con un pendiente longitudinal promedio de 5%. En base a esto se realizó el diseño geométrico horizontal y vertical cumpliendo con la Norma MOP 2003.

Se procedió a levantar la información del tráfico en campo, se procesó y se determinó el Trafico Promedio Diario Anual obteniéndose un incremento de 286 vehículos para el año 2039.

Mediante calicatas y los ensayos pertinentes se determinó que se tiene un suelo tipo SM y ML según la clasificación SUCS, y según la clasificación AASHTO se tiene suelos tipo A-2-5, A-2-4, A-4, A-5, A-6. Posteriormente con esta información se diseñó la estructura del pavimento: carpeta asfáltica: 7 cm, Base Clase 1A: 10.50 cm, Sub-Base Clase III: 15.50 cm y Material de mejoramiento: 25.50 cm

En el diseño hidráulico, se determinó que únicamente se mantiene la alcantarilla existente en el cruce del Rio Jivino Rojo incluyendo una adicional de D=2.00m, el resto de las alcantarillas deberán reubicarse.

En la evaluación económica se determinó el TIR (19.50% > TMAR (17.69%) lo cual indica que el proyecto es viable, respaldando de esta manera la relación beneficio / costo, la cual tiene un valor > 1, lo que significa que el proyecto es económicamente viable.

ABSTRACT

In the Canton La Joya de los Sachas, the Mariscal Sucre Brisas del Jivino communities interconnects a road, being a section of 6,138 km in poor condition, which directly affects the population of the sector. Being the main economic activity of the agriculture and oil industry sector, the execution of the road study is justified to improve mobility and therefore contribute to the development of the sector.

With the information uprised by the GADPO, the topographic study was carried out, determining that the type of terrain is Wavy with an average longitudinal slope of 5%. Based on this, the horizontal and vertical geometric design was carried out complying with the MOP 2003 norm.

The information on the field traffic was collected, the Annual Daily Average Traffic was processed and an increase of 286 vehicles was obtained for the year 2039.

By means of calicatas and the pertinent tests it was determined that there is a soil type SM and ML according to the SUCS classification, and according to the AASHTO classification it is had types of soils A-2-5, A-2-4, A-4, A-5, A-6. Subsequently with this information the pavement structure was designed: asphalt folder: 7 cm, Class 1A Base: 10.50 cm, Class III Sub-Base: 15.50 cm and Improvement material: 25.50 cm

In the hydraulic design, it was determined that only the existing sewer is maintained at the crossing of the Red Jivino River, including an additional one of $D = 2.00\text{m}$, the rest of the sewers must be relocated.

In the economic evaluation the IRR was determined ($19.50\% > \text{TMAR } (17.69\%)$) which indicates that the project is viable, thus supporting the benefit / cost ratio, which has a value > 1 , which means that the project It is economically viable.

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del Problema

En vista de la necesidad de contar con una red vial adecuada para la movilización de los pobladores de la Pre Cooperativa Mariscal Sucre y la Comunidad Brisas del Jivino, pertenecientes a la parroquia La Joya de los Sachas, cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, se presenta el siguiente proyecto técnico con la finalidad de dar solución a esta problemática.

En la actualidad la vía que une la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino presenta visualmente un deterioro en la superficie de rodadura (lastrado), debido a la gran cantidad de tráfico que transita por esta vía, sumado a esto la falta de obras de drenaje y factores climáticos invernales que azotan a la zona, lo cual ha provocado una serie de depresiones en la vía ocasionando un problema en el flujo vehicular y de la misma manera incrementa el riesgo de accidentes.

Por tal razón se decide realizar el estudio para el diseño vial para su respectivo mejoramiento y ampliación, para que de esta manera tanto los pobladores como el sector petrolero pueda movilizarse a los distintos centros poblados aledaños en el menor tiempo posible, permitiendo dinamizar tanto el sector social y económico.

1.2 Justificación

Debido al cambio social y económico que atraviesan actualmente la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, siendo este uno de los destinos más transitados por los habitantes del Cantón La Joya de los Sachas, ha provocado que la

actual vía de dos carriles con un ancho promedio de 6 metros se encuentre en alto nivel de congestionamiento vehicular, ocasionando un deterioro de la superficie de rodadura debido a la carga de vehículos pesados que transitan por esta vía tanto de los sectores de gran productividad agrícola y petrolero.

Por esta razón es necesario realizar el estudio para el diseño de la vía en mención juntamente con el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana, esperando de esta manera solucionar la problemática que ha acogido a los diferentes sectores productivos que se desarrollan en la zona perteneciente a la Provincia de Orellana.

Por otro lado, la realización del estudio permitirá no solo ayudar al sector agrícola y petrolero dentro de la Provincia de Orellana, sino también permitirá la conexión entre las Provincias de Orellana y Sucumbíos, ya que esta vía acorta el tiempo de movilización hasta el puente sobre el Río Jivino Verde donde se encuentra el límite provincial, permitiendo un enlace directo entre los cantones de La Joya de los Sachas y Shushufindi, ampliando el mercado comercial para la población de ambos cantones.

1.3 Alcance

El alcance del proyecto técnico es realizar el diseño vial para la ampliación, rectificación y asfaltado de la vía que interconecta la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, con una longitud de 6.138 km, con el objetivo de que el sector tanto agrícola como petrolero del cantón La Joya de los Sachas cuenten con una vía apropiada que brinde seguridad para la movilización de los pobladores hacia los centros poblados cercanos.

El diseño de la vía en mención se la realizará en base a las normas y parámetros vigentes en nuestro país publicadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP 2002) y adicionalmente se aplicará normativa internacional como la American Concrete Institute (ACI 318-14), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93) y Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003, con la finalidad de que la vía cumpla con el periodo de diseño para el cual va a ser diseñado.

1.4 Importancia

El presente estudio para el diseño vial será de gran importancia para el desarrollo económico tanto para el sector social como industrial especialmente de la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, de la parroquia La Joya de los Sachas ya que permitirá tener un mejor flujo vehicular reduciendo de esta manera el tiempo de desplazamiento de la población hacia los centros poblados, así como también brindara una mayor seguridad salvaguardando la integridad de las personas ya que se reducirá el porcentaje de accidentes vehiculares.

El estudio permitirá la ampliación, rectificación y asfaltado de la actual vía en donde se podrá determinar las características operacionales de la misma y de esta manera obtener un diseño vial optimo acorde con las necesidades presentadas por la población. Cabe recalcar que esta vía es un medio de comunicación entre la Provincia de Orellana y Sucumbíos, permitiendo dinamizar el sector comercial interprovincial.

1.5 Propuesta de intervención y beneficiarios

Dentro de la propuesta del proyecto técnico es que la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, puedan contar con una vía asfaltada con dos carriles (uno en cada sentido), la misma que cumpla con la normativa y especificaciones vigentes en nuestro país.

Los beneficiarios directos e indirectos son los pobladores de la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, las cuales pertenecen a la Parroquia La Joya de los Sachas, dando un total de 17934, de las cuales 6454 son beneficiarios directos los mismos que pertenecen a la población rural de la parroquia y 11480 son beneficiarios indirectos ya que pertenecen a la población urbana. (INEC, 2010)

Tabla 1: Población beneficiada del proyecto

PROVINCIA	NOMBRE DEL CANTÓN	NOMBRE DE LA PARROQUIA	ÁREA		
			URBANO	RURAL	TOTAL
Orellana	La Joya de los Sachas	La Joya de los Sachas	11480	6454	17934

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010)

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General.

Realizar los diseños viales que permitan la ejecución del proyecto:

“AMPLIACION, RECTIFICACION Y ASFALTADO DE LA VIA QUE INTERCONECTA LA PRE COOPERATIVA MARISCAL SUCRE – COMUNIDAD BRISAS DEL JIVINO, LONGITUD= 6.138 KM, PARROQUIA LA JOYA DE LOS SACHAS, CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA”.

1.6.2 Objetivos Específicos.

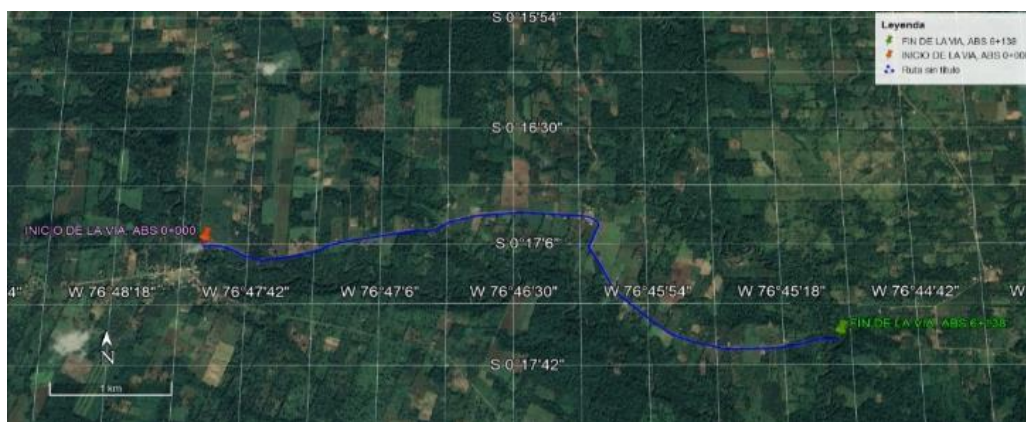
- Levantar la línea base del proyecto con el fin de obtener información detallada de todo lo que existe en el área de influencia de este.
- Realizar el estudio topográfico de la zona de influencia.
- Realizar el estudio del tránsito para el año base 2019 y las proyecciones a 10 y 20 años.
- Realizar el diseño geométrico horizontal y vertical del proyecto mediante el software CIVIL 3D, con el fin de determinar si se requieren modificaciones en el trazado de la vía existente, garantizando el cumplimiento de las normas ecuatorianas vigentes.
- Realizar el diseño estructural del pavimento rígido y flexible.
- Realizar el análisis y diseño Hidráulico de Obras de Drenaje que se requieren para el buen funcionamiento de la vía, debido a que la zona de implantación de la carretera es de alta pluviosidad.

- Realizar la evaluación de impactos ambientales, seguridad y señalización vial para el proyecto, con el objetivo de precautelar la integridad de los usuarios y de accidentalidad vehicular.
- Realizar la evaluación financiera del proyecto.

1.7 Localización General del Proyecto

El presente proyecto se encuentra ubicado en la vía que conecta la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, perteneciente a la Parroquia La Joya de los Sachas, el mismo que tiene una longitud de 6.138 km.

El origen se encuentra ubicado al Nororiente de la Provincia de Orellana y del Cantón La Joya de los Sachas, a la altura del distribuidor de tráfico tipo redondel de la vía principal ubicado en la red Troncal Amazónica Alterna E45A, en donde se tomara en dirección al centro poblado de la Pre Cooperativa Mariscal Sucre hasta llegar al final del puente que esta sobre el río Puca Jivino Yacu, en donde se ubicará la abscisa 0+000 del proyecto y de ahí en adelante se tomará dirección al centro Poblado de la Comunidad Brisas del Jivino hasta llegar al inicio del puente que se encuentra sobre el río Jivino Verde en donde se ubicara la abscisa 6+138.



Fuente: Google Earth Pro, 2019.

Figura 1: Ubicación del proyecto, Inicio 0+000 y Fin 6+138.

1.7.1 Límites.

El cantón La Joya de los Sachas fue creado el 9 de agosto de 1988, se encuentra ubicado al Noroeste de la Provincia de Orellana, cuenta con una extensión de 1.205,6 Km², la cual forma parte de la cuenca del río Napo. Posee una altitud de 270 m.s.n.m.

Sus Límites son:

- Norte: Provincia de Sucumbíos
- Sur: Cantón El Coca
- Este: Provincia de Sucumbíos
- Oeste: Cantón El Coca.

CAPITULO 2

2. TOPOGRAFIA

2.1 Antecedentes

La topografía forma parte de una base fundamental en el proceso del diseño de las obras viales; en sí es un factor principal de la localización de la vía, pues en base a la misma se obtiene alineamiento horizontal, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales.

Al ser una vía ya existente es necesario conocer sus condiciones topográficas en toda su trayectoria y alrededores para lo cual se levantó una faja de 50m de ancho, 25 metros en cada margen.

El levantamiento topográfico fue ejecutado y proporcionado por el GAD Provincial de Orellana (GADPO), utilizando el sistema de coordenadas (UTM-WGS84 SIRGAS), ZONA 18S.

2.2 Tipo de terreno

Una vez analizada la faja topográfica de la vía existente, se pueden presentarse varios tipos de terreno a lo largo de la carretera existente, para determinar aquello se procede a calcular las pendientes longitudinales y transversales del terreno, medidas en el sentido longitudinal y transversal al eje de la vía.

El tipo de terreno se clasifica en 4 tipos, en función de la pendiente longitudinal según lo indicado por James (2013):

- Terreno Plano: “Exigen mínimo movimiento de tierras, por lo que no representan dificultad ni en el trazado ni en la explanación. Las pendientes

longitudinales de las vías son normalmente menores al 3%” (James, 2013, pág. 4)

- Terreno Ondulado: “Durante la construcción los movimientos de tierra son moderados, lo que permite alineamientos más o menos retos, sin mayores dificultades en el trazado y la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre el 3% y 6%” (James, 2013, pág. 5).
- Terreno Montañoso: “Generalmente requiere grandes movimientos de tierra por lo cual representa dificultades en el trazado y la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre el 6% y 8%” (James, 2013, pág. 5).
- Terreno Escarpado: “Exigen el máximo movimientos de tierra, con muchas dificultades en el trazado y la explanación, pues los alineamientos están prácticamente definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores al 8%” (James, 2013, pág. 5)

Considerando estos criterios, la información topográfica y la inspección realizada in situ. Se concluye que el tipo de terreno en el cual se implantara la vía es **TIPO ONDULADO**, con un pendiente longitudinal promedio de 5%.

2.3 Sistemas de Coordenadas

Un sistema de coordenadas nos permite localizar objetos y georreferenciarlos para ubicarlos con la mayor precisión posible en un espacio geométrico.

Los equipos utilizados son de propiedad del GADPO (GPS de precisión Garmin y Estación total Sokkia), los cuales utilizan el sistema de coordenadas UTM -WGS 84

SIRGAS, ZONA 18 SUR. A continuación, se indica las características técnicas de cada uno de los equipos empleados:

Tabla 2: Ficha técnica de la Estación Total.

ESTACION TOTAL		MEDICION DE ANGULOS	
MODELO:	CX-105	PRECISION:	5°
MARCA:	SOKKIA	METODO DE LECTURA:	ABSOLUTO
		COMPENSACION:	COMPENSADOR DOBLE EJE
ESPECIFICACIONES FISICAS			
PLOMADA OPTICA	OPCIONAL		
PLOMADA LASER	SI		
PESO INCLUIDO LA BATERIA:	5,6 KG (12,3 LIBRAS)		
PROTECCION:	IP66 (IEC 60529:2001)		
RANGO DE TEMPERATURA:	-20 A + 50°C (DE -4° A + 122°F)		
MEDICION DE DISTANCIAS		TIEMPO DE MEDICION	
	MODO PRISMA	GRUESO:	0.7 SEG.
01 PRISMA:	4,000 METROS	FINO:	0.9 SEG.
03 PRISMAS:	5,000 METROS	CONTINUO:	0.3 SEG.
PRECISION DE MEDIDA:	(2+2ppm x D) MM		
TELESCOPIO		TIEMPO DE TRABAJO	
LONGITUD:	171 MM	ALMACENAMIENTO:	10,000 PTS
DIAMETRO DEL OBJETIVO:	45 MM	MEDICION DE ANGULOS:	36 HORAS PAROX.
AUMENTO DE LENTE:	30 X	TIEMPO DE RECARGA:	2 A 3 HORAS
IMAGEN:	RECTA	TIPO DE BATERIA:	BATERIA RECARGABLE LI-ION
CAMPO VISUAL:	1°30' (26 m/1,000m)		
DISTANCIA MIN DE ENFOQUE:	1.3 MM		
MODO LASER		DISPLAY	INTERFASE
DISTANCIA:	5,000 METROS	PANTALLA:	MONOCROMATICO
PRECISION:	3.0 SEG (2 MM+2 ppm2)	TIPO DE PANTALLA:	LCD
		TIPO DE TECLADO:	ALFA - NUMERICO
			BAJADA DE DATA
			CABLE USB:
			SI
			MEMORIA USB:
			SI (HASTA 8 GB)
			BLUETOOTH (SIN CABLE):
			SI



Fuente: Departamento de Topografía del GADPO.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 3: Ficha técnica del GPS.

ESPECIFICACIONES TECNICAS GPS MODELO ETREX 20			
SENSOR GPS:	12 CANALES	ALARMA AUDIBLE:	NO
WAYPOINTS:	2,000	RESISTENCIA AL AGUA:	SI (IPX7)
MEMORIA INTERNA	1,7 GB	DIMENSIONES DEL EQUIPO:	5,4 x 10,3 x 3,3 CM)
RUTAS:	200	COMUNICACIÓN PC:	USB
AUTO ROUTING:	NO	LUZ DE FONDO:	SI
TRACKS:	10,000 PTS	OPCION DE ANTENA EXTERNA:	---
MEMORIA EXTERNA:	1,7 GB	WAAS / EGNOS:	---
MAPA BASE:	SI	MGRS FORMATO DE POSICION:	---
MAPAS OPCIONALES:	SI	ALTIMETRO BAROMETRICO:	NO
BATERIA:	2 PILAS AA NO INCLUIDAS	PESCA Y CAZA:	SI
TIEMPO DE TRABAJO:	25 HORAS APROX.	JUEGOS:	NO
TAMAÑO DE PANTALLA:	(5,4 X 10,3 X 3,3 CM)	CALCULADORA:	NO
PANTALLA TACTIL:	NO	ICONOS PARA WAYPOINTS:	SI
RESOLUCION DE PANTALLA:	(176 X 220 PÍXELES)	TRANSF. BLUETOOTH ENTRE EQUIPOS:	SI
CAMARA:	NO	INFORMACION ASTRONOMICA:	SI
CALCULO DE AREA:	SI	PREDICCION DE MAREAS:	NO
TIPO DE ANTENA	ALTA SENSIBILIDAD (HOTFIX)		
PESO:	(141,7 G. CON PILAS)		

Fuente: Departamento de Topografía del GADPO.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

2.4 Ubicación del Proyecto

El proyecto se encuentra ubicado según el siguiente detalle:

Tabla 4: Ubicación del proyecto en coordenadas UTM.

		Provincia:	Orellana
		Ciudad:	La Joya de los Sachas
		Sector:	Vía Mariscal Sucre- Brisas del Jivino
Georreferencia:	Longitud:	Latitud:	Cota:
Abscisa: 0+000	299846.454m	9968475.935m	251.591 msnm
Abscisa: 6+138	305148.179m	9967842.092m	247.056 msnm

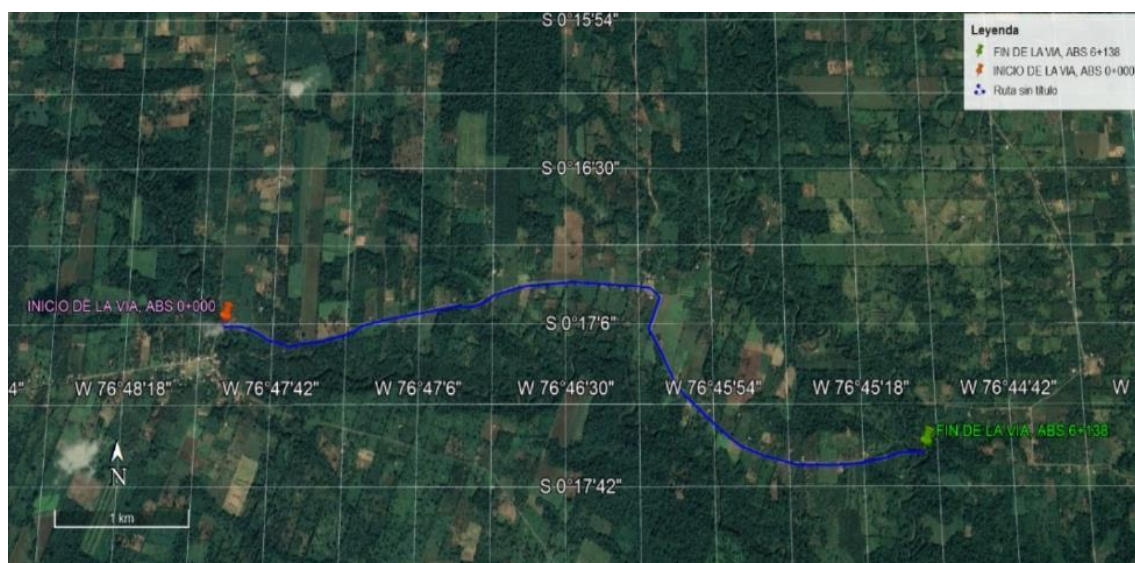
Fuente: Departamento de Topografía del GADPO.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 5: Ubicación del proyecto en coordenadas geográficas.

		Provincia:	Orellana
		Ciudad:	La Joya de los Sachas
		Sector:	Vía Mariscal Sucre- Brisas del Jivino
Georreferencia:	Longitud:	Latitud:	Cota:
Abscisa: 0+000	76°47'54.434"W	0°17'05.830"S	251.591 msnm
Abscisa: 6+138	76°45'02.995"W	0°17'26.484"S	247.056 msnm

Fuente: Departamento de Topografía del GADPO.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Google Earth Pro, 2019.

Figura 2: Ubicación Satelital del proyecto.

2.5 Hitos

Los hitos o puntos de control (BM's) se refiere a un punto cuya cota se ha determinado con gran exactitud con la finalidad de ser utilizados como puntos de control en los levantamientos y en los replanteos altimétricos. Los BM's constituyen los puntos de partida para las nivelaciones.

Cada uno de los puntos establecidos en la localización del eje fue nivelado geoméricamente con el objeto de establecer altiméricamente el perfil vertical o longitudinal del eje del camino.

El control de las cotas se efectuó en base a un circuito cerrado de nivelación (ida y regreso), que no excedió al kilómetro, según normas la tolerancia menor a 15 mm/km (VER ANEXO N°1 Puntos de levantamientos topográficos).

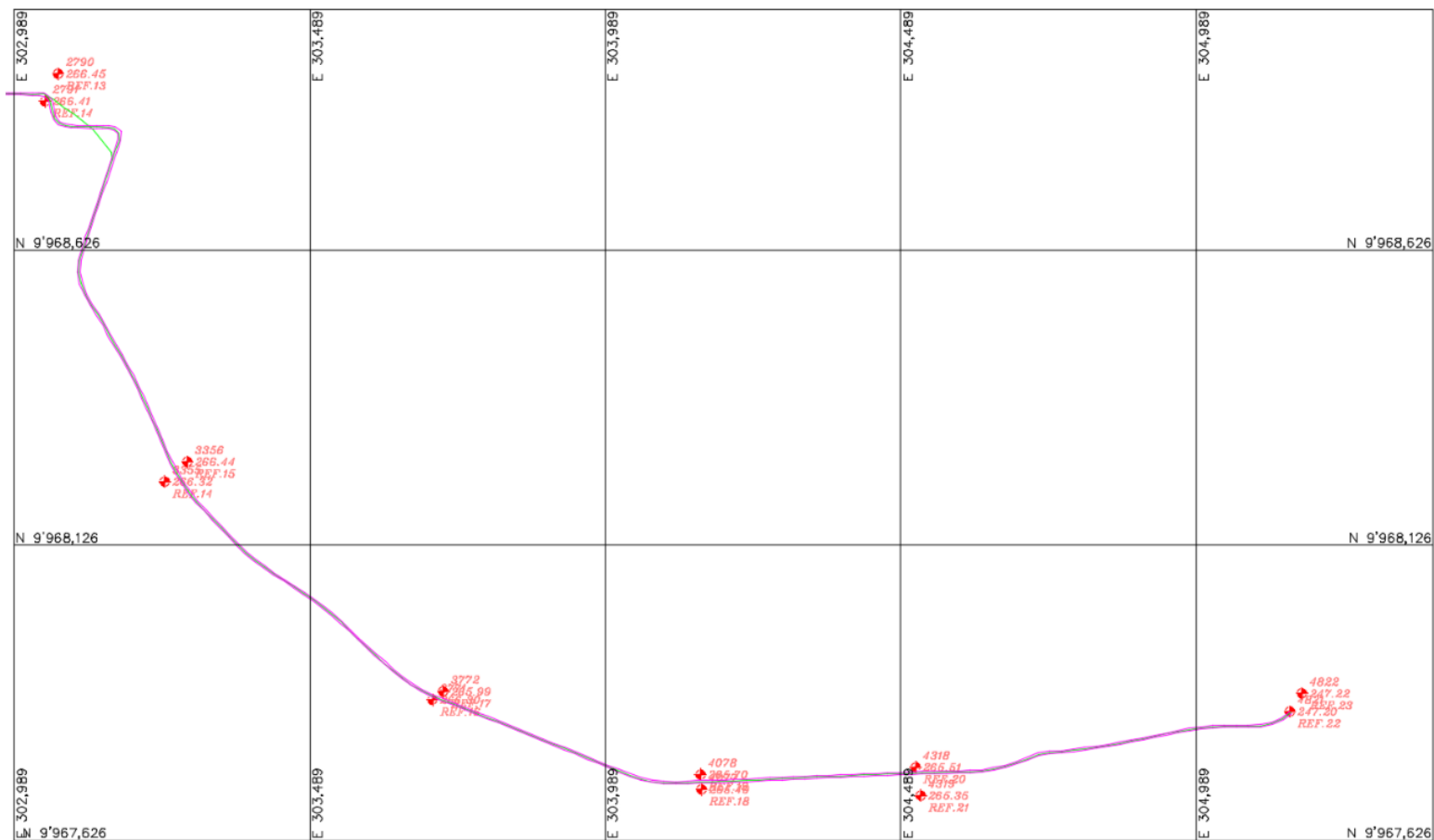
Para establecer la cota corregida se calculó el error admisible en cada circuito y se lo repartió sumándolo o restándolo según el caso, la mitad del error encontrado en la comprobación a la cota corregida del último BM.

Se colocaron BMs de referenciación a lo largo del eje localizado de la vía existente en los puntos relevantes de las curvas y se ubicaron a distancias adecuadas de tal manera que no sean afectados durante el proceso de construcción del camino, en cada uno de ellos se anotó el número de ordenamiento juntamente con la cota y abscisa.

Tabla 6: Ubicación de BMS.

NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
9968348.39	300310.938	265.87	REF.1	9968878.43	303040.735	266.409	REF.14
9968334.13	300317.518	264.026	REF.2	9968233.74	303243.55	266.319	REF.15
9968493.75	300838.086	268.797	REF.3	9968267.35	303281.731	266.444	REF.16
9968526.91	300791.949	268.744	REF.4	9967863.68	303696.663	266.298	REF.17
9968627.23	301329.78	267.593	REF.5	9967877.74	303714.976	265.99	REF.18
9968673.78	301339.234	268.225	REF.6	9967712.11	304151.774	265.488	REF.19
9968779.32	301823.142	265.452	REF.7	9967737.36	304150.115	265.695	REF.20
9968757.28	301838.547	265.785	REF.8	9967749.89	304513.93	265.507	REF.21
9968875.4	302268.898	267.251	REF.10	9967701.85	304522.726	265.351	REF.22
9968904.83	302316.66	266.863	REF.9	9967844.16	305147.379	247.197	REF.23
9968946.53	302701.303	266.007	REF.11	9967874.53	305168.255	247.221	REF.24
9968877.79	302683.254	265.002	REF.12	9968484.46	299872.527	253.385	REF.25
9968924.72	303063.095	266.452	REF.13				

Fuente: Departamento de Topografía del GADPO
Autores: Gómez & Suquillo, 2019



Fuente: Departamento de Topografía del GADPO

Autores: Gómez & Suquillo, 2019

Figura 4: Ubicación de BMS.

CAPÍTULO 3

3. ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1 Antecedentes

Para realizar el diseño de una vía es de vital importancia contar con un estudio de tráfico, el mismo que nos proporciona información sobre la cantidad del flujo vehicular al que estará sometida la vía en estudio.

El estudio de tráfico nos permite determinar el tráfico actual, en donde se cuantifica la cantidad y tipos de vehículos que circulan por la vía, y después se realiza la respectiva proyección a futuro en donde se obtiene una cantidad de vehículos, la cual posteriormente nos servirá para determinar la clase de carretera según lo indicado en la norma de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del Ministerio de Obras Públicas.

La vía que interconecta la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino pertenece a una red vial provincial que permite la comunicación directa entre la Provincia de Orellana y Sucumbíos, la cual es fundamental para el desarrollo económico tanto agrícola como industrial de ambas Provincias.

3.2 Alcance

Del presente estudio de tráfico se obtendrá datos del volumen de tránsito vehicular, el mismo que se lo realizará mediante el método del conteo manual a cargo de personas de la localidad, las mismas que serán instruidas para realizar de una manera correcta el proceso de cuantificación y clasificación de los vehículos.

Posteriormente los datos recopilados por los aforadores serán proyectados para dos periodos uno de 10 años y otro de 20 años, de esta manera se obtendrá un valor de tráfico promedio diario anual cuya abreviatura es el TPDA, el cual será de gran

importancia para la clasificación de la vía en estudio según la normativa vigente del Diseño Geométrico de Carreteras MOP – 2003.

Una vez realizada la proyección del volumen de tráfico se deberá transformar estos valores obtenidos del análisis a un numero de ejes equivalentes de 8.2 toneladas ESALS'S (Equivalent Simple Axial Load), con la finalidad de poder identificar la carga vehicular a la que estará expuesta la vía en estudio.

3.3 Metodología empleada

Para el presente estudio se tendrá dos etapas tanto para la recopilación de la información del tránsito existente y para el análisis de esta, Trabajos de campo y Trabajos de Gabinete respectivamente.




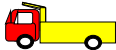


- Trabajo en campo: Se refiere a los conteos manuales realizados tanto al inicio y al final del proyecto, durante un periodo de 12 horas diarias por 7 días en un horario de 06:00 am – 18:00 pm, desde el 5 de agosto hasta el 11 de agosto del 2019. En donde se contrató dos aforadores, los mismos que viven cerca de las estaciones de conteo, ambos aforadores fueron instruidos para poder llevar a cabo la cuantificación y clasificación del flujo vehicular existente en la vía en estudio, mediante un formulario detallado específico para el proyecto.



Autores: Gómez & Suquillo, 2019

Figura 5: Instrucción a los aforadores para la cuantificación vehicular.

Tabla 7: Formulario detallado para el conteo manual.

DISEÑO VIAL PARA LA AMPLIACION, RECTIFICACION Y ASFALTADO DE LA VIA QUE INTERCONECTA LA PRE-COOPERATIVA MARISCAL SUCRE-COMUNIDAD BRISAS DEL JIVINO, LONGITUD= 6.138 KM, PARROQUIA LA JOYA DE LOS SACHAS, CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA							
AFORADOR:		CLIMA MATUTINO:			FECHA:		
ESTACION:		CLIMA VESPERTINO:			SENTIDO CONTEO:		
HORA							
INICIO	TERMINA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMION DE DOS EJES MEDIANOS 2DA	CAMION DE 3 EJES 3A	VOLQUETA V2DB
6:00 - 7:00							
7:00 - 8:00							
8:00 - 9:00							
9:00 - 10:00							
10:00 - 11:00							

Autores: Gómez & Suquillo, 2019

- Trabajo de Gabinete:** Se realizó el debido procesamiento de la información obtenida mediante la cuantificación y clasificación del tránsito existente mediante los aforadores, para luego en función de la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones poder clasificar y determinar las cargas a aplicarse en la vía y así de esta manera poder realizar el cálculo de los Ejes equivalentes, en donde se obtuvieron los siguientes tipos de vehículos: Motos, Vehículos livianos, Buses, Camión 2 DA, Camión 3A y Volqueta V2DB.

CUADRO DEMOSTRATIVOS DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN		PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
					largo	Ancho	Alto
2 D			CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA			CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
3-A			CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10
V2DB			VOLQUETA DE DOS EJES 8 m ³	18	12,20	2,60	4,10

Fuente: Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones, 2012

Figura 6: Clasificación Vehicular del proyecto

A continuación, se muestra de forma resumida las tablas de ambas estaciones donde se realizó el conteo vehicular, en donde se tiene los siguientes resultados:

Tabla 8: Resumen del conteo en la Estación 1, ABS 0+000.

TIPO DE VEHICULO	Conteo Vehicular de la Estación 1						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Motos	28	25	36	30	25	32	41
Vehículos Livianos	12	18	20	30	15	31	28
Buses	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2 DA	11	7	5	16	7	16	20
Camión 3 A	2	1	0	0	0	2	2
Volqueta V2DB	0	1	0	1	2	1	1
TOTAL	53	52	61	77	49	82	92

Autores: Gómez & Suquillo, 2019

Tabla 9: Resumen del conteo en la Estación 2, ABS 6+138.

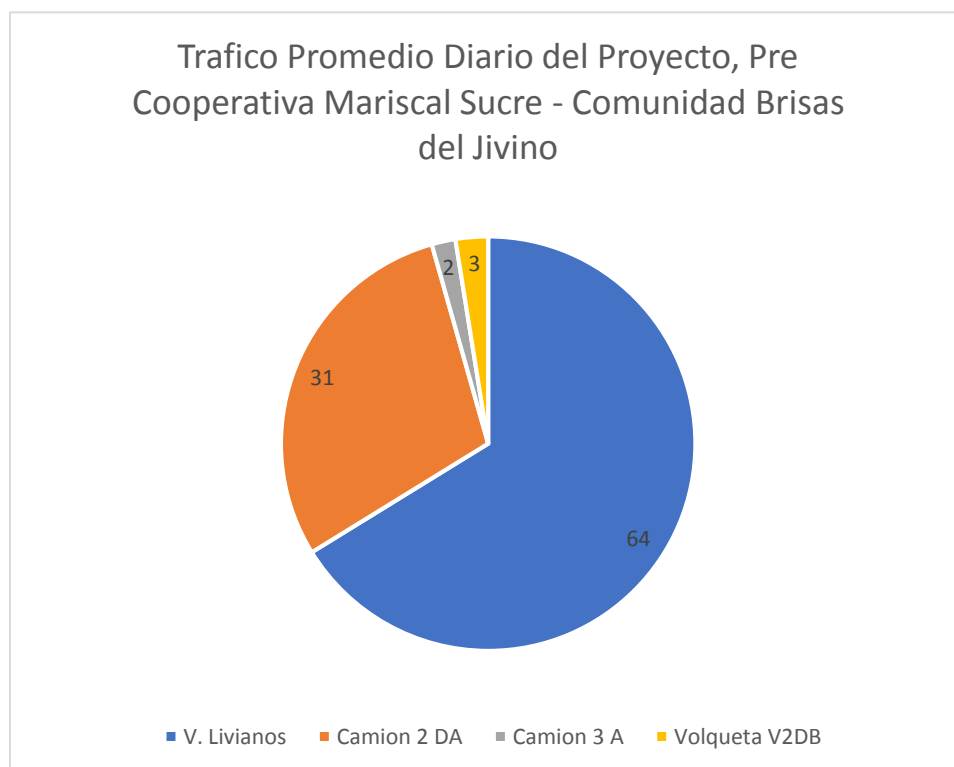
TIPO DE VEHICULO	Conteo Vehicular de la Estación 2						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Motos	36	38	32	27	42	38	42
Vehículos Livianos	21	14	26	38	32	35	36
Buses	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2 DA	11	7	10	17	12	16	19
Camión 3 A	1	1	0	0	1	1	0
Volqueta V2DB	0	2	1	0	2	2	2
TOTAL	69	62	69	82	89	92	99

Autores: Gómez & Suquillo, 2019

Tabla 10: Resumen del tráfico total existente en las estaciones 1 y 2

TIPO DE VEHICULO	Tráfico Total en las Estaciones 1 y 2							Promedio	%
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
V. Livianos	33	32	46	68	47	66	64	51	64
Camión 2 DA	22	14	15	33	19	32	39	25	31
Camión 3 A	3	2	0	0	1	3	2	2	2
Volqueta V2DB	0	3	1	1	4	3	3	2	3
TOTAL	58	51	62	102	71	104	108	79	100

Autores: Gómez & Suquillo, 2019



Autores: Gómez & Suquillo, 2019

Figura 7: Distribución del Tráfico existente en el Proyecto.

3.4 Estaciones de conteo

La Norma de Diseño Geométrico de Carreteras (2003) indica: “Para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales” (pag.13).

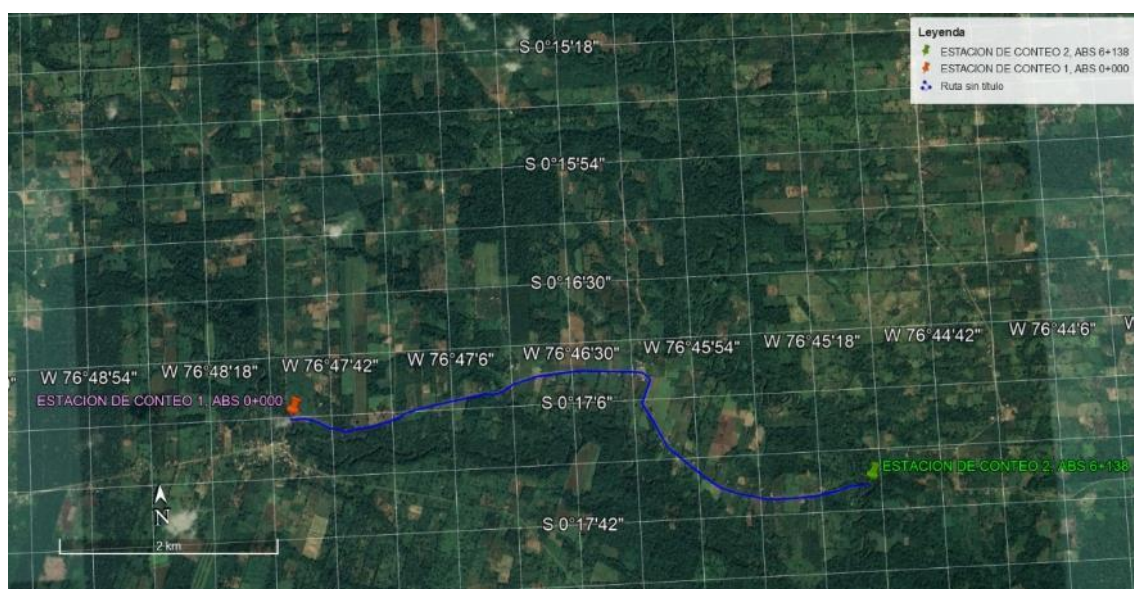
Para el presente estudio se realizó un conteo manual por medio de dos aforadores durante un periodo de 12 horas por 7 días, en un horario de 6:00 am – 18:00 pm, ubicados respectivamente tanto al inicio de la vía en sector de la Pre Cooperativa

Mariscal Sucre en la abscisa 0+000 y al final de la vía en el sector de la Comunidad Brisas del Jivino en la abscisa 6+138 (VER ANEXO N° 3 Estaciones de conteo).

Tabla 11: Estaciones de conteo Manual.

ESTACION DE CONTEO	FECHA INICIO	FECHA FIN
<i>Inicio: Sector Pre Cooperativa "Mariscal Sucre, ABS 0+000"</i>	<i>05/08/2019</i>	<i>11/08/2019</i>
<i>Fin: Sector Comunidad "Brisas del Jivino, ABS 6+138"</i>	<i>05/08/2019</i>	<i>11/08/2019</i>

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Google Earth, 2019.

Figura 8: Ubicación de las Estaciones de conteos 1 (INICIO) y 2 (FIN).

3.5 Tráfico promedio diario anual (TPDA)

“La unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual cuya abreviatura es el TPDA” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 11).

Según lo indicado en la Norma de Diseño de Carreteras MOP-2002, para poder determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se debe realizar ajustes en función de ciertos factores como: Tráfico promedio diario observado (T_o), Factor

Diario (Fd), Factor Semanal (Fs), Factor mensual (Fm). Donde se tiene la siguiente ecuación:

$$TPDA = To * Fd * Fs * Fm \quad (Ec 1.)$$

Donde:

To: Tráfico Promedio Diario Observado.

Fd: Factor Diario.

Fs: Factor semanal.

Fm: Factor mensual.

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual.

- **Tráfico Promedio Diario Semanal**

El Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS) es la cantidad promediada de vehículos que durante una semana transitan en un día. Debido al no considerar dentro del conteo manual el resto de las horas diarias por parte de los aforadores, se debe realizar un ajuste mediante el factor diario (Fd), el cual se lo obtiene mediante la división del mayor número de vehículos que transitan en un día para el total de vehículos registrados al final de la semana.

$$Fd = \frac{\text{Mayor numero de vehículos que transitan en un día}}{\text{Total de vehículos registrados en la semana}} \quad (Ec 2.)$$

$$Fd = \frac{108}{556} * 10$$

$$Fd = 1.94$$

Posteriormente para realizar el ajuste del Tráfico Diario Semanal, se debe multiplicar el Tráfico Promedio Diario Observado (To) por el Factor Diario (Fd). Cabe recalcar que debido al no contar con un registro nocturno del tránsito el valor del Factor Diario es mayor a 1.

$$TPDS = To * Fd \quad (Ec. 3)$$

$$TPDS = T_o$$

Tabla 12: Resumen del ajuste del Tráfico Diario Semanal (TPDS).

TIPO DE VEHÍCULO	Tráfico Diario Semanal (TPDS)							Promedio	%
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
V. Livianos	64	62	89	132	91	128	124	99	64
Camión 2 DA	43	27	29	64	37	62	76	48	31
Camión 3 A	6	4	0	0	2	6	4	3	2
Volqueta V2DB	0	6	2	2	8	6	6	4	3
TRÁFICO DIARIO SEMANAL								154	Vehículos

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **Tráfico Promedio Diario Mensual**

En función del volumen del tránsito existente en el proyecto, se determina un valor de factor de ajuste semanal igual a 1 ($F_s=1$), en donde se tiene los siguientes resultados indicados en la tabla a continuación.

$$TPDM = TPDS * F_s \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

TPDS: Tráfico Promedio Diario Semanal.

F_s : Factor de ajuste semanal, $F_s = 1$.

TPDM: Tráfico Promedio Diario Mensual.

Tabla 13: Resumen del ajuste del Tráfico Diario Mensual (TPDM)

TIPO DE VEHÍCULO	Tráfico Diario Mensual (TPDM)							Promedio	%
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
V. Livianos	64	62	89	132	91	128	124	99	64
Camión 2 DA	43	27	29	64	37	62	76	48	31
Camión 3 A	6	4	0	0	2	6	4	3	2
Volqueta V2DB	0	6	2	2	8	6	6	4	3
TRÁFICO DIARIO MENSUAL								154	Vehículos

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **Tráfico Promedio Diario Anual**

Para la obtención del Tráfico Promedio Diario Anual es importante determinar el factor mensual, en donde para el presente proyecto se lo obtuvo en función del consumo de combustible anual de la Provincia de Orellana, en la base de datos de la

Agencia Regional de Control de hidrocarburos (ARCH) Centro Oriente del año 2015, tomando como referencia el mes de agosto en el cual se realizó el conteo manual de los vehículos.

Tabla 14: Consumo de combustible de la Provincia de Orellana.

MES	GASOLINA	DIESEL	DÍAS
Enero	659000	939000	31
Febrero	627000	863000	28
Marzo	687000	945000	31
Abril	720000	980000	30
Mayo	735000	957000	31
Junio	690000	891000	30
Julio	770000	933000	31
Agosto	727000	896000	31
Septiembre	754920	897824	30
Octubre	738000	912000	31
Noviembre	704000	854000	30
Diciembre	726000	889834	31
TOTAL	711493.3	913138	365

Fuente: Agencia Regional de Control de Hidrocarburos “Centro Oriente”, 2015.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Una vez recopilada la información se prosigue a determinar el factor mensual promedio de gasolina y diésel, el cual es de 0.999 tal como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 15: Factor de Ajuste mensual del proyecto.

MES	GASOLINA	DIESEL	DIAS	FM GASOLINA	FM DIESEL	FM PROMEDIO
Enero	659000	939000	31	1.07966	0.972458111	1.026
Febrero	627000	863000	28	1.13476	1.058097528	1.096
Marzo	687000	945000	31	1.03565	0.966283774	1.001
Abril	720000	980000	30	0.98819	0.931773639	0.960
Mayo	735000	957000	31	0.96802	0.954167363	0.961
Junio	690000	891000	30	1.03115	1.024846427	1.028
Julio	770000	933000	31	0.92402	0.978711861	0.951
Agosto	727000	896000	31	0.97867	1.019127418	0.999
Septiembre	754920	897824	30	0.94248	1.017056981	0.980
Octubre	738000	912000	31	0.96408	1.00124799	0.983
Noviembre	704000	854000	30	1.01064	1.069248439	1.040
Diciembre	726000	889834	31	0.98002	1.026189342	1.003
TOTAL	711493.3	913138	365			

Fuente: Agencia Regional de Control de Hidrocarburos “Centro Oriente”, 2015.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual, resulta de la multiplicación del Tráfico Promedio Diario Mensual y del factor de ajuste mensual.

$$TPDA = TPDM * fm \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

TPDM: Tráfico Promedio Diario Mensual.

fm: Factor de Ajuste Mensual, (agosto=0.99).

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual.

Tabla 16: Tráfico Promedio Diario Anual.

TIPO DE VEHÍCULO	Tráfico Anual							Promedio	%
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
V. Livianos	64	62	89	132	91	128	124	99	64
Camión 2 DA	43	27	29	64	37	62	76	48	31
Camión 3 A	6	4	0	0	2	6	4	3	2
Volqueta V2DB	0	6	2	2	8	6	6	4	3
TRÁFICO DIARIO ANUAL								154	Vehículos

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

3.6 Proyección del tráfico actual.

“Las proyecciones de tráfico se usan para la clasificación de las carreteras e influyen en la determinación de la velocidad de diseño y de los demás datos geométricos del proyecto” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 16).

- **Tasa de crecimiento vehicular.**

Para el presente proyecto se realizará la proyección del tráfico para un periodo de 10 y 20 años, y al no contar con información estadística la proyección se realizará en base a la tasa de crecimiento vehicular, la misma que fue obtenida mediante el Ministerio de Transporte y Obras Publicas de la Provincia de Orellana en un estudio realizado por parte del consultor Ing. Rubén Narváez para el proyecto “ESTUDIOS

DEFINITIVOS PARA LA RECTIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA NORTE UNO - UNIÓN MILAGREÑA EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA”, la mismas que se encuentra cercana al sector del presente estudio.

Tabla 17: Tasa de crecimiento vehicular del proyecto.

PERIODO	LIVIANOS	BUS	CAMIONES
2010-2015	4.23	2.87	2.1
2015-2020	3.65	2.55	1.87
2020-2025	3.18	2.29	1.68
2025-2040	2.8	2.08	1.53

Fuente: Coordinación de Facilidad – MTOP-MOP-001-F-2002. Capítulo 4. Remodelación del Trafico de la Red Vial Estatal. Tabla 4.21, 2002.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Se utilizará la siguiente ecuación para la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual proyectado:

$$TPDA_{proyectado} = TPDA * (1 + r)^t \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual.

r: Tasa del crecimiento del tráfico.

t: Número de años proyectados.

Una vez realizado la respectiva proyección del Tráfico Promedio Diario Anual para el periodo de 10 y 20 años, se obtuvieron los siguientes resultados indicados en la siguiente tabla:

Tabla 18: Cálculo del Tráfico Proyectado a 10 y 20 años.

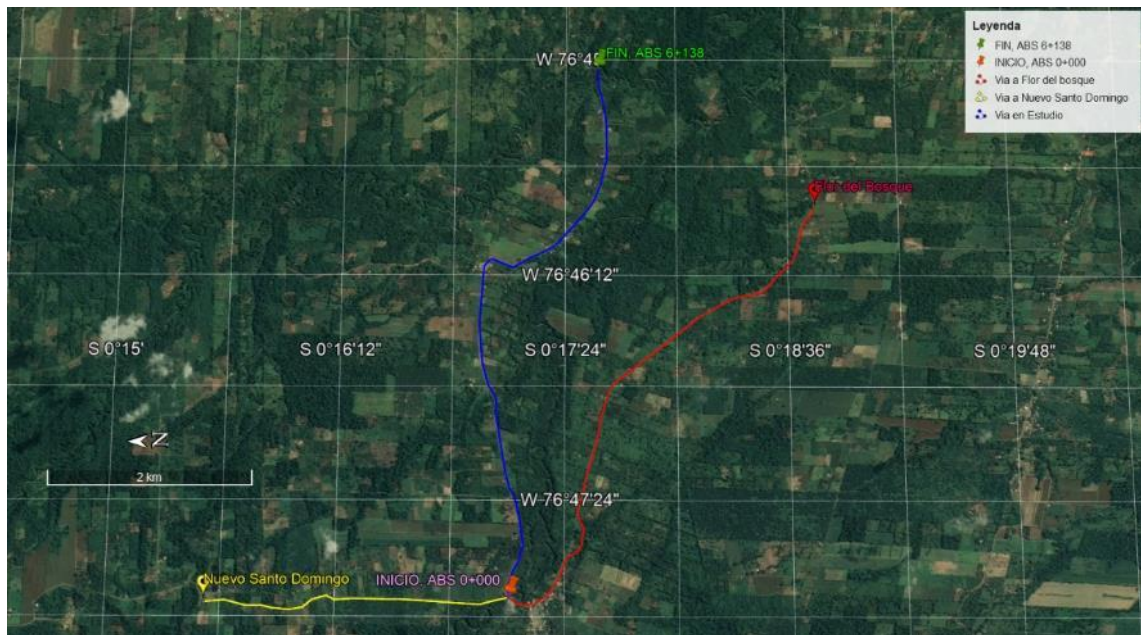
AÑO	TIEMPO	V. LIVIANOS	CAMIÓN 2DA	CAMIÓN 3ª	VOLQUETA V2DB	TOTAL DE VEHICULOS
2019	0	99	48	3	4	154
2020	1	102	49	3	4	159
2021	2	105	50	3	4	162
2022	3	108	51	3	4	167
2023	4	112	52	3	4	171
2024	5	115	52	3	5	176
2025	6	119	53	3	5	180
2026	7	120	54	3	5	181
2027	8	123	54	3	5	186
2028	9	127	55	3	5	190
2029	10	130	56	4	5	195
2030	11	134	57	4	5	199
2031	12	137	58	4	5	204
2032	13	141	59	4	5	209
2033	14	145	60	4	5	214
2034	15	149	61	4	5	219
2035	16	153	61	4	5	224
2036	17	158	62	4	5	230
2037	18	162	63	4	5	235
2038	19	167	64	4	6	241
2039	20	171	65	4	6	246

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **Tráfico Desviado (TD)**

“Es aquel tráfico atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, debido a ahorros de tiempo, distancia o costo” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 17).

Para el presente proyecto se determina un valor de Trafico desviado (TD) igual a 0%, debido a que no existe a lo largo del eje ninguna vía que se enlace, por lo cual no se contara con la incorporación de volumen vehicular adicional, como se muestra en la imagen a continuación:



Fuente: Google Earth, 2019.

Figura 9: Rutas existentes en el sector del proyecto

Simbología:

- Vía en estudio Mariscal Sucre – Brisas del Jivino.
- Vía Mariscal Sucre – Nuevo Santo Domingo.
- Vía Mariscal Sucre – Flor del Bosque.

- **Tráfico Desarrollado (Td)**

“Este tráfico se produce por incorporación de nuevas áreas a la explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 17).

Para obtener el Trafico desarrollado es importante determinar el factor de expansión por medio de encuestas Origen – Destino, para el proyecto no se cuenta con la información requerida se asumirá un valor entre 5 % -8 % del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), lo cual indica la normativa vigente MOP 2002 y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

El porcentaje asumido para el proyecto es el promedio de los valores antes mencionados:

$$Td = 6.5\% * TPDA \quad (\text{Ec. 7})$$

Tabla 19: Tráfico por desarrollo del Proyecto.

AÑO	TPDA	Td (6.5%*TPDA)
2019	154	10
2020	159	10
2021	162	11
2022	167	11
2023	171	11
2024	176	11
2025	180	12
2026	181	12
2027	186	12
2028	190	12
2029	195	13
2030	199	13
2031	204	13
2032	209	14
2033	214	14
2034	219	14
2035	224	15
2036	230	15
2037	235	15
2038	241	16
2039	246	16

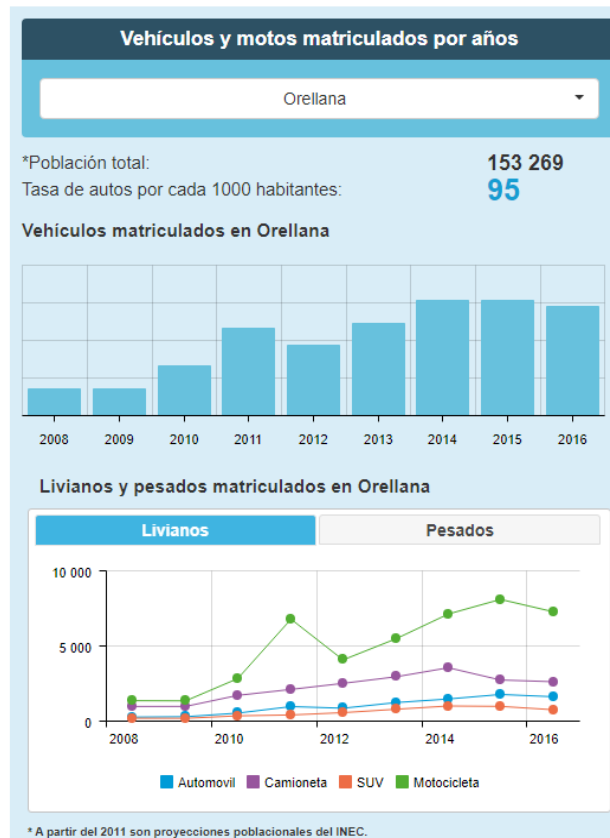
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **Tráfico Generado (Tg)**

El tráfico generado se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera. En el país aún no se dispone de estudios respecto al comportamiento de tráfico generado, pero es conveniente disponer de un valor que relacione el grado de mejoramiento con el volumen de tráfico.

(Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 20).

Actualmente no se cuenta con estudios para la determinación del Tráfico Generado, para el proyecto se lo obtuvo en función del número de vehículos por cada habitante de la Provincia de Orellana de la base de datos del INEC (2010).



Fuente: Instituto Nacional De Estadística Y Censos, INEC 2010; El Comercio 2018.
Figura 10: Estadísticas vehiculares Provincia de Orellana.

Según la información del INEC, el porcentaje de tráfico generado para el proyecto será:

$$Tg = TPDA * \left(\frac{\# vehiculos}{\# habitantes} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 8})$$

$$Tg = TPDA * \left(\frac{95 vehiculos}{1000 habitantes} \right) * 100$$

$$Tg = TPDA * 9.5 \%$$

Tabla 20: Tráfico Generado del Proyecto.

AÑO	TPDA	TG (9.5%*TPDA)
2019	154	15
2020	159	15
2021	162	15
2022	167	16
2023	171	16
2024	176	17
2025	180	17
2026	181	17
2027	186	18
2028	190	18
2029	195	18
2030	199	19
2031	204	19
2032	209	20
2033	214	20
2034	219	21
2035	224	21
2036	230	22
2037	235	22
2038	241	23
2039	246	23

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

3.7 Asignación de tráfico

Para realizar la estimación del Tráfico de diseño, se procedió a analizar los porcentajes de los diferentes tráficos determinados anteriormente. Luego por medio de la siguiente ecuación se procederá a obtener el tráfico de diseño para los diferentes periodos de diseños establecidos para el proyecto.

$$TPDA_{final} = TPDA_{proyectado} + TPDA_{desarrollado} + TPDA_{desviado} + TPDA_{generado} \quad (Ec. 9)$$

Tabla 21: Tráfico Promedio Diario Anual total para diferentes periodos.

AÑO	TPDA	Td (6.5%*TPDA)	TD (0%*TPDA)	TG (9.5%*TPDA)	TPDA TOTAL
2019	154	10	0	15	179
2020	159	10	0	15	184
2021	162	11	0	15	188
2022	167	11	0	16	193
2023	171	11	0	16	198
2024	176	11	0	17	204
2025	180	12	0	17	209
2026	181	12	0	17	210
2027	186	12	0	18	215
2028	190	12	0	18	220
2029	195	13	0	18	226
2030	199	13	0	19	231
2031	204	13	0	19	237
2032	209	14	0	20	242
2033	214	14	0	20	248
2034	219	14	0	21	254
2035	224	15	0	21	260
2036	230	15	0	22	266
2037	235	15	0	22	273
2038	241	16	0	23	279
2039	246	16	0	23	286

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Una vez realizado el respectivo calculo, se obtiene la siguiente tabla con un resumen del Tráfico Promedio Diario Anual final para los periodos de 10 y 20 años.

Tabla 7: Tráfico Promedio Diario Anual para los periodos de 10 y 20 años.

AÑO	TPDA	Td (6.5%*TPDA)	TD (0%*TPDA)	TG (9.5%*TPDA)	TPDA TOTAL
2019	154	10	0	15	179
2029	195	13	0	18	226
2039	246	16	0	23	286

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

3.8 Determinación de la clase de vía de acuerdo con el tráfico.

Luego de un análisis desde la recopilación y procesamiento de la información del flujo vehicular, se determinó un Tráfico Promedio Diario Anual de la vía de 226 vehículos para un periodo de 10 años y 286 vehículos para un periodo de 20 años.

Lo cual en función de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (2003), para un TPDA entre 226 - 286 vehículos, se determina a la vía Mariscal Sucre – Brisas del Jivino una clase de carretera TIPO IV de función VECINAL, en referencia a las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 8: Clasificación de carretera en función al Tráfico Proyectado.

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRÁFICO PROYECTADO

Clase de carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
RI - R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 9: Clasificación funcional de la vía del Proyecto.

FUNCION	CLASE DE CARRETERA (según MOP)	TPDA (AÑO FINAL DE DISEÑO) ⁽¹⁾
CORREDOR ARTERIAL	RI - R-II	Mas de 8000
	I	De 3000 a 8000
	II	De 1000 a 3000
COLECTORA	I	De 3000 a 8000
	II	De 1000 a 3000
	III	De 300 a 1000
VECINAL	IV	De 100 a 300
	V	Menos de 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

3.9 Cálculo de los ejes equivalentes por el método AASHTO.

Para el diseño de pavimentos se deben conocer las solicitudes sobre la carretera a lo largo de su vida en términos de lo que se denominan ejes equivalentes o más comúnmente conocidos como ESAL's (Equivalent Estándar Axel Load – Carga Estándar por Eje Equivalente), estos son determinados siguiendo las normas AASHTO. (Condarco, 2016, pág. 3)

Posteriormente para realizar el cálculo se utilizó la siguiente fórmula establecida por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93).

$$Nt = N * Fc * Fd * 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

N: Numero de ejes equivalentes al inicio del periodo de diseño

Fc: Factor Carril

Fd: Factor dirección

i: tasa de crecimiento

n: número de años a proyectarse

Nt: Numero de ejes equivalentes

- **FACTOR CARRIL (Fc):** Para el proyecto se tiene proyectado dos carriles en la vía, por lo cual el valor determinado para el factor carril es de 0.9, lo cual está en función de la siguiente tabla que se indica a continuación:

Tabla 10: Factor Carril	
FACTOR CARRIL	
Nº Carril	Fc
1	1
2	0.9
3	0.75
4	0.5

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement, 1993.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **FACTOR DIRECCIÓN (Fd):** Después del análisis respectivo en la cuantificación de los vehículos en cada dirección de la vía en estudio, se determinó adoptar un valor de 0.5 para el Factor Dirección ya que la mitad del flujo vehicular circula en ambas direcciones dentro del rango (40 – 60) %, establecido en la siguiente tabla:



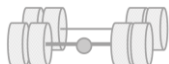
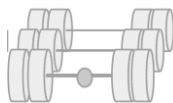
Tabla 11: Factor Dirección.

FACTOR DIRECCIÓN	
Porcentaje	Fd
40 - 60 %	0.5
70 - 30 %	0.7
100%	1

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement, 1993.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA:** Para realizar el respectivo cálculo se lo realizó mediante el método AASHTO SIMPLIFICADO, el cual se basa en diferentes ecuaciones en función de las cargas de cada tipo de vehículo obtenido en la cuantificación del flujo vehicular, que se indican a continuación:

Tabla 12: Formulas simplificadas para el cálculo del factor de equivalencia de carga por cada tipo de eje

TIPO DE EJE	CONFIGURACIÓN	FORMULA PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA
SIMPLE RUEDA SIMPLE		$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{6.6} \right)^4$
SIMPLE RUEDA DOBLE		$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{8.2} \right)^4$
TÁNDEM		$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{15} \right)^4$
TRIDEM		$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{23} \right)^4$

Fuente: Higuera Sandoval, 2010.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 13: Determinación de ESALS para el año base.

TIPO DE VEHICULO	TPDA	TIPO EJE	CARGA	FEC	ESAL's	N
V. LIVIANOS	99	S-R-S	3	0.0427	4.212	18
		S-R-S	4	0.1349	13.311	
CAMION 2DA	48	S-R-S	3	0.0427	2.059	28
		S-R-D	7	0.5311	25.609	
CAMION 3A	3	S-R-S	7	1.2654	3.858	13
		TAMDEM	20	3.1605	9.635	
VOLQUETA V2DB	4	S-R-S	7	1.2654	5.260	19
		S-R-D	11	3.2383	13.462	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

A continuación, se mostrará un resumen de valores obtenidos de los números de ejes equivalentes para los periodos de 10 y 20 años respectivamente:

Tabla 14: Número de Ejes Equivalentes (ESAL's) para un periodo de 10 años.

TIPO DE VEHICULO	N	Fd	Fc	NT
V. LIVIANOS	18			33270
CAMION 2DA	28			49038
		0.5	0.9	
CAMION 3ª	13			23914
VOLQUETA V2DB	19			33184
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES PARA 10 AÑOS				139405

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 15: Número de Ejes Equivalentes (ESAL's) para un periodo de 20 años.

TIPO DE VEHICULO	N	Fd	Fc	NT
V. LIVIANOS	18			75783
CAMION 2DA	28			105393
		0.5	0.9	
CAMION 3ª	13			51397
VOLQUETA V2DB	19			71319
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES PARA 20 AÑOS				303892

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

4.1 Localización del Proyecto

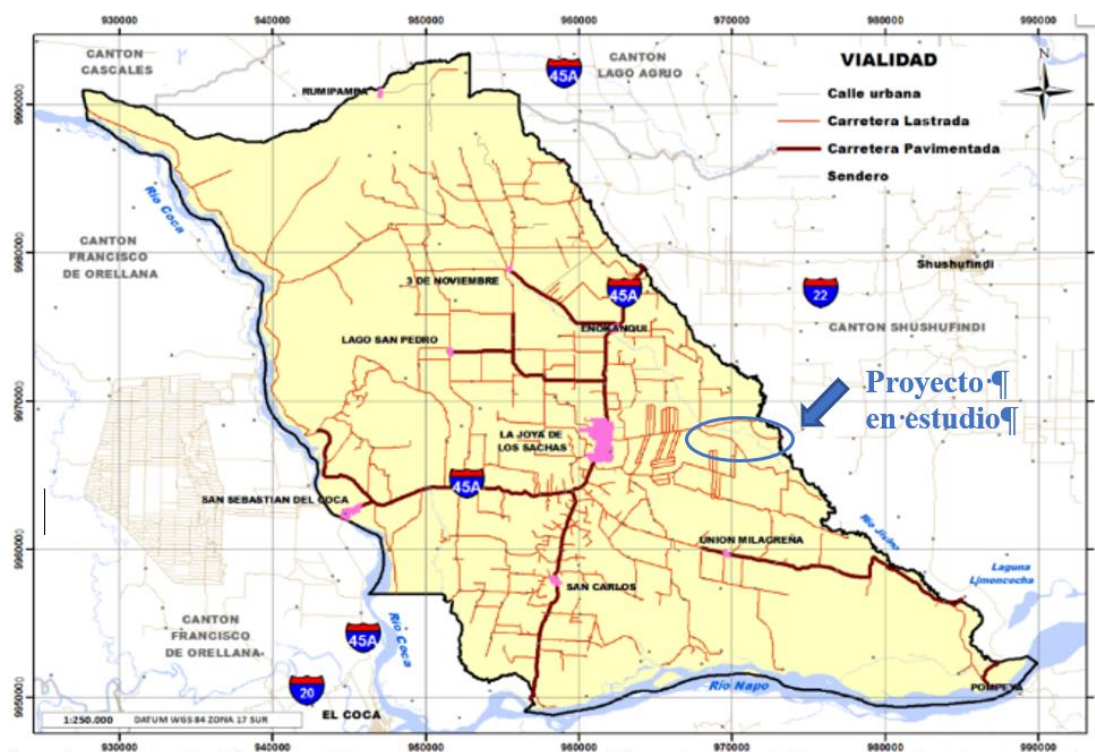
El presente proyecto se encuentra ubicado en la vía que conecta la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, perteneciente a la Parroquia La Joya de los Sachas, cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, el mismo que tiene una longitud de 6.138 km. La cual representa un nivel de importancia primordial tanto para el sector social como industrial.

Tabla 16: Coordenadas de la Ubicación del Proyecto.

	UBICACION	COORDENADAS UTM		COTA m.s.n.m.
		E (m)	N (m)	
INICIO	Sector Pre Cooperativa "Mariscal Sucre, ABS 0+000"	299846.454	9968475.935	251.591
FIN	Sector Comunidad "Brisas del Jivino, ABS 6+138"	305148.179	9967842.092	247.056

Fuente: Departamento de Topografía del GADPO.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015.

Figura 11: Ubicación del Proyecto.

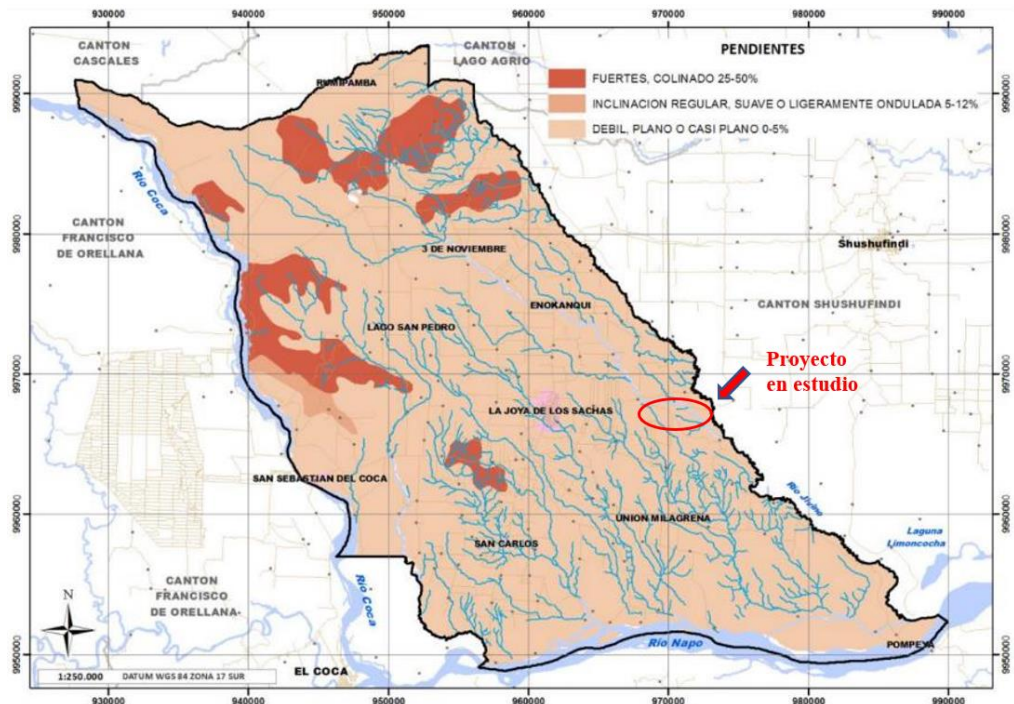
4.2 Descripción Geológica de la zona de Estudio

“La geomorfología etimológicamente significa el conocimiento racional de las formas de la Tierra y, en la actualidad, designa una disciplina científica que tiene como objeto el reconocimiento, la clasificación y la explicación de las diferentes configuraciones que presenta la superficie externa de la litosfera, de cuya combinación resulta el relieve terrestre” (Muñoz, 1995, pág. 13).

“El proyecto se encuentra sobre la formación Chambira tanto en la disposición horizontal y sub horizontal, donde la baja consolidación de las rocas que las conforman y la ausencia de estructuras tectónicas que las afectan, han determinado que la morfología sea relativamente regular; así, no se encuentra una morfología ligada a estructuras de origen tectónico y tampoco relieves fuertes debido a rocas bien consolidadas” (Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 29).

La mayor parte del cantón Joya de los Sachas se encuentra ubicado sobre la Cuenca Amazónica Baja, y la otra parte sobre la Cuenca Amazónica Colinada, donde en las cuales se tiene unidades como: Llanura Aluvial, Relieve de Colinas Medianas, Terraza Baja y cauces.

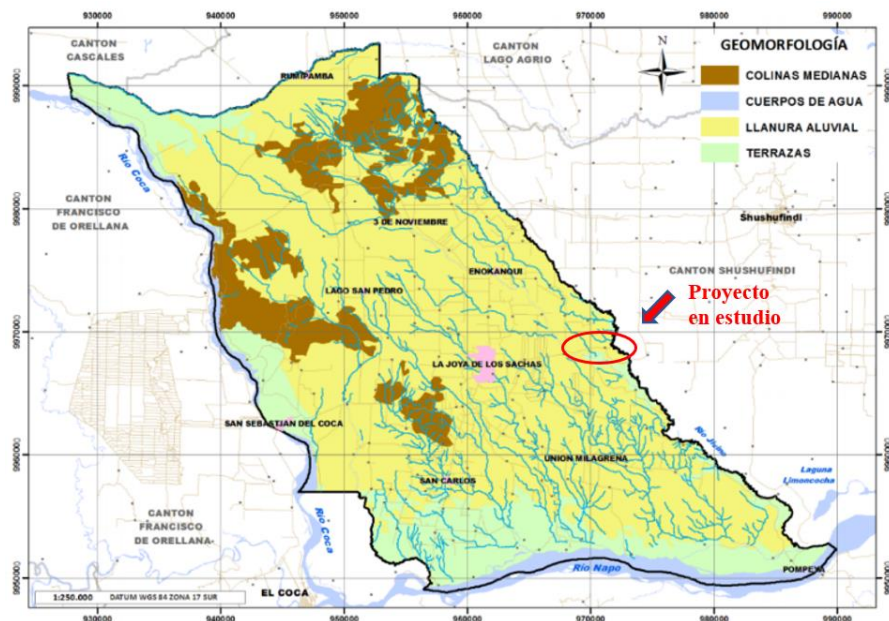
“El 9,5 % del cantón presenta pendientes fuertes, entre 25 – 50%, que corresponden a Colinas Medianas, el 0,8% tiene inclinaciones regulares o ligeramente onduladas, con pendientes entre 5 – 12%, y el 89% del cantón posee pendientes débiles, casi planas, entre 0 – 5%” (Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 30).



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015.
 Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 12: Rango de Pendientes del cantón Joya de los Sachas.

En función de la información obtenida se puede indicar que el sector del proyecto se encuentra ubicado en zonas con inclinaciones regular, suave o ligeramente onduladas entre 5 – 12%.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015.

Figura 13: Unidades geomorfológicas del cantón La Joya de los Sachas.

El proyecto se encuentra en la mayoría sobre la unidad geomorfológica de Llanura Aluvial y al final de la vía en estudio se puede apreciar la unidad geomorfológica Terrazas.

- **Llanura Aluvial**

“Se extiende a lo largo de los ríos principales y secundarios, su extensión y potencia depende del grado de erosión de las sub cuencas y su dirección de flujo generalmente se vuelve sinuosa y se forma meandros dentro de las llanuras aluviales” (Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 30).

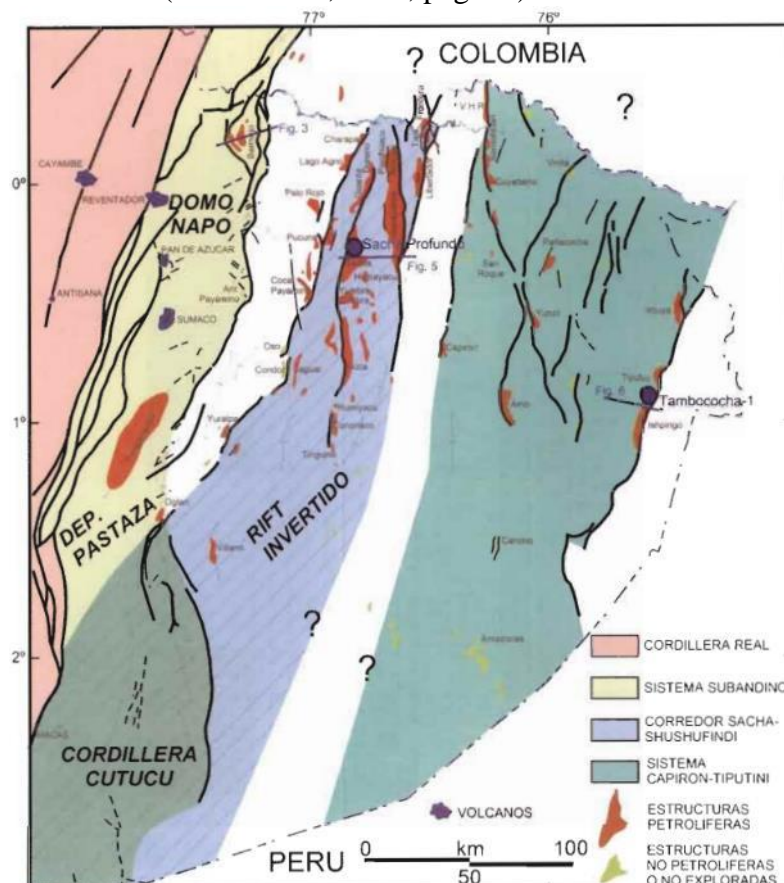
- **Terraza Baja (de inundación)**

“Se definen como planicies aluviales abandonadas por el cauce del río, algunas veces recubiertas con material de desborde a manera de diques y que están afectadas por procesos morfo dinámicos como socavación por la divagación lateral y depositación alternada” (Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 30).

4.3 Tectónica y estructura geológica

“El cantón La Joya de los Sachas se encuentra ubicado en la Cuenca Oriente, geológicamente corresponde a una cuenca de tras arco, formada como consecuencia del levantamiento y acreción de las Cordilleras Real y Occidental debido al proceso de subducción entre las placas tectónicas Nazca y Sudamericana” (Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 33).

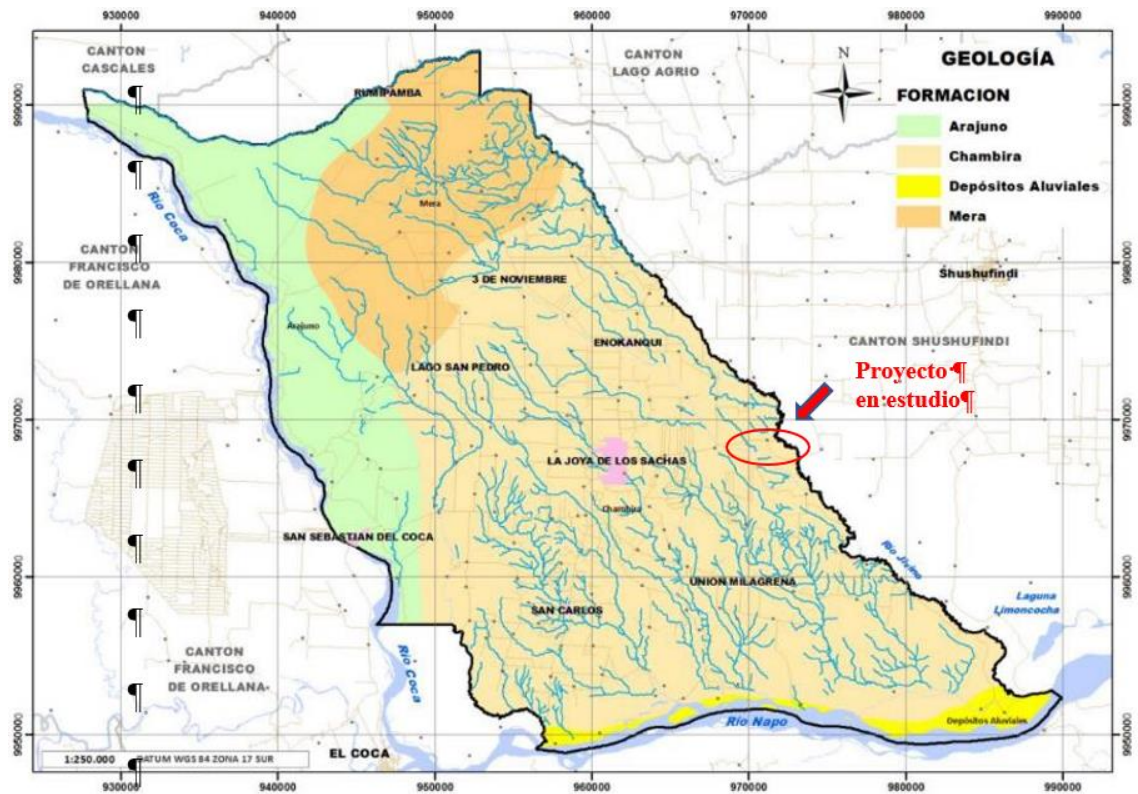
“La Cuenca Oriente desarrollo dos sub cuencas de “back-arc” durante el Jurásico Medio a Cretáceo Temprano con estilos tectónicos diferentes. La primera conocida como Corredor Sacha – Shushufindi, controlada por fallas normales de gran profundidad. La segunda, conocida como Sistema Capiron – Tiputini, con juegos de fallas normales de tipo listrico conectadas sobre un nivel de despegue horizontal ubicado en el basamento” (Rivadeneira, 2004, pág. 23).



Fuente: La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo, 2004.

Figura 14: Mapa tectónico de la Cuenca Oriente (modificado de Baby et al, 1999).

“Según el mapa de compilación geológica de las Provincias de Napo y Sucumbíos, el cantón La Joya de los Sachas se ubica en la formación Chambira (Mioceno - Plioceno), Mera (Holoceno) y Araujano, además de los depósitos aluviales cuaternarios de la cuenca del Rio Napo” (Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 33)



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015.

Figura 15: Mapa geológico del cantón La Joya de los Sachas.

La zona del proyecto se encuentra sobre la formación de Chambira del periodo Mioceno – Plioceno, la cual tiene sus afloramientos tipos esencialmente en la depresión Pastaza, a lo largo del Rio Napo y en el sinclinal de Talag al Oeste de Tena.

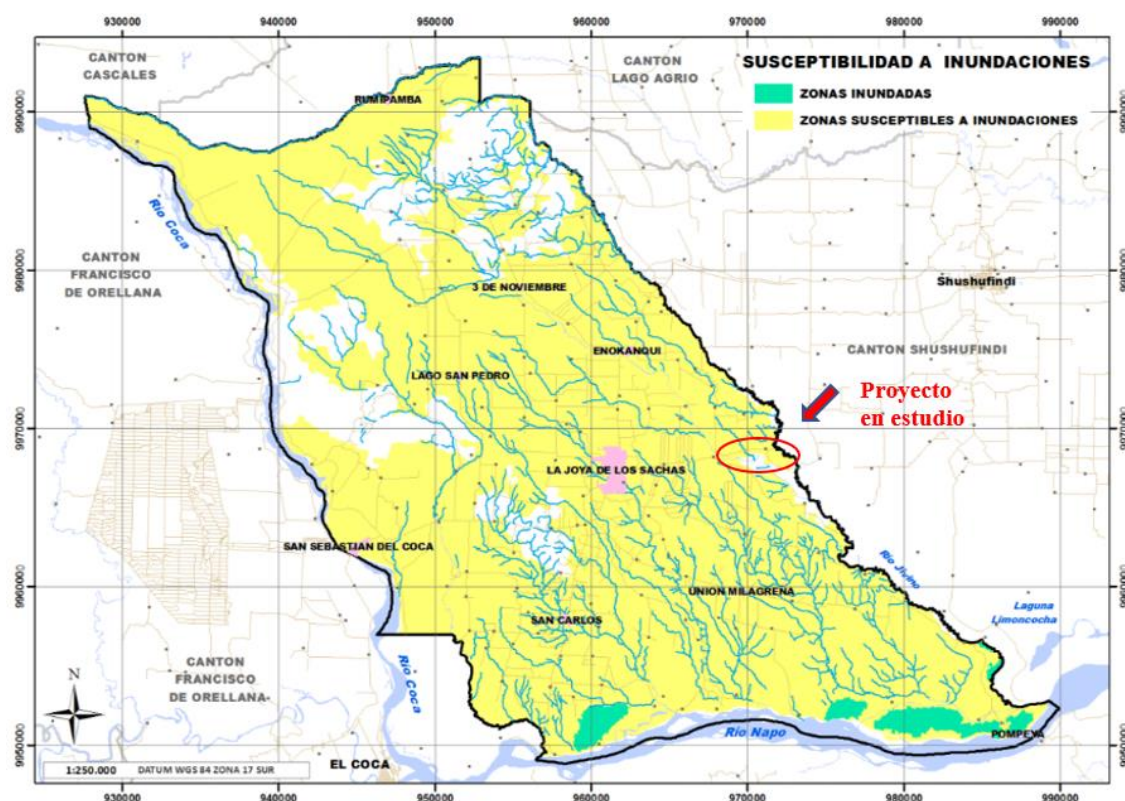
“La mayor parte de la formación Chambira está formada de conglomerados con una mayoría de clastos de cuarzo lechoso con matriz arcillo – arenosa cuarzosa. En la parte basal se encontraron litofacies tipo Gty Gms. En la parte superior se ven conglomerados pasando progresivamente a depósitos más finos (areniscas y limolitas) con litofacies Gt, Gh, St, Sr, y Fr en menor proporción” (Rivadeneira, 2004, pág. 106).

- **Susceptibilidad a inundaciones**

El territorio cantonal de La Joya de los Sachas, presenta dos zonas notables con diferente tipo de relieve, esto hace que las áreas donde se sitúan el área urbana (La Joya de los Sachas) y todas sus parroquias rurales y comunidades dentro del cantón sean susceptibles a inundaciones cuando

se producen elevadas y constantes precipitaciones que aumentan el caudal de los ríos, desbordando su cauce y causando perjuicios al ambiente y a los bienes públicos y privados.

(Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 64)



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015.

Figura 16: Zonas Inundables del Cantón La Joya de los Sachas.

Según lo indicado anteriormente en la información del PDyOT del cantón La Joya de los Sachas, el proyecto se encuentra ubicado en una zona susceptible a inundaciones en ocasiones que se presente elevadas y constantes precipitaciones, las mismas que originen un aumento en el caudal de los ríos.

- **Susceptibilidad sísmica**

“La zona de estudio es tectónicamente estable, pues no se puede asegurar que es una zona sísmicamente inactiva debido a la presencia de la placa Nazca que se subduce bajo la placa Continental, ocasionando esporádicamente sismos profundos de alta

4.4 Propiedades físicas de la sub-rasante

“La resistencia de la sub-rasante es el parámetro que más incertidumbre ofrece para el diseño del pavimento, su comportamiento bajo condiciones de carga prevista y factores que interviene en su capacidad de soporte” (Salgado, 1989, pág. 471).

- Trabajo en campo: Para poder determinar las propiedades tanto físicas y mecánicas de la sub rasante se llevó a cabo trabajos en campo, donde se extrajo muestras inalteradas del sitio para posteriormente ser analizadas en laboratorio.

En función de lo indicado por Braja M Das en el libro de Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones, para proyectos tipo carreteras se recomienda el espaciamiento para sondeos de suelos entre 250 -500 metros, como se indica en la tabla a continuación:

Tabla 17: Espaciamiento aproximado de las perforaciones.

Tipo de Proyecto	Espaciamiento (m)
Edificios de muchos pisos	10 - 30
Plantas Industriales de un piso	20 - 60
Carreteras	250 - 500
Subdivisión residencial	250 - 500
Presas y diques	40 – 80

Fuente: Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones Braja M Das, 2011.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el estudio del proyecto se optó por un espaciamiento de 500 metros entre cada calicata, las cuales fueron ubicadas tanto al margen derecho, izquierdo y eje de la vía, a una profundidad de 0.50 m, 1.00m y 1.50 metros.

Cada una de las muestras fueron etiquetadas y transportadas al laboratorio con el debido cuidado para no alterar su estado natural, para luego ser sometidas a ensayos para determinar valores de CBR y su respectiva clasificación SUCS y AASHTO, parámetros importantes para realizar el diseño de la estructura del pavimento para la vía en estudio.

Tabla 18: Ubicación de Calicatas para el Muestreo.

CALICATA N°	MARGEN DE MUESTREO	ABSCISA
1	Derecho	0+050
2	Izquierdo	0+500
3	Eje	1+000
4	Derecho	1+500
5	Izquierdo	2+000
6	Eje	2+500
7	Izquierdo	3+000
8	Derecho	3+500
9	Eje	4+000
10	Izquierdo	4+500
11	Derecho	5+000
12	Eje	5+500
13	Izquierdo	6+100

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 18: Extracción del material in situ de cada una de las calicatas.

- Trabajo en laboratorio: Cada una las muestras extraídas en campo fueron analizadas en el laboratorio de suelo de la empresa EP – EMPROVIAL, donde se realizaron los siguientes ensayos que se describen a continuación:

- **Contenido de Humedad – Norma ASTM D 2216**

“Este método de ensayo cubre la determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) por masa en suelos, rocas y materiales similares, donde la reducción en masa por secado se debe a la pérdida de agua” (Norma ASTM D 2216, 1988, pág. 1).

- **Límite de Consistencia – Norma ASTM D 4318**

“Este método de prueba describe la determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos” (Norma ASTM D 4318, 1984, pág. 1).

Límite Líquido (LL): “El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo es el arbitrariamente definido como frontera entre el estado semilíquido y plástico. El límite líquido es determinado mediante la ejecución de pruebas en la cual una porción de espécimen es extendida en una copa de bronce, dividida en dos por una herramienta de ranurado, y entonces permitir fluir juntos desde el choque causado por el golpeteo repetidamente de la copa en un dispositivo mecánico estándar” (Norma ASTM D 4318, 1984, pág. 1).

Límite Plástico (LP): “El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en la frontera entre el estado plástico y semisólido. El límite plástico es determinado mediante presión alternadamente junta y rodillada dentro de un diámetro de 3.2 mm (1/8 pulg.) hile una pequeña porción de suelo plástico hasta que su contenido de agua es reducido a un punto en el cual el hilo se desmigaja y puede no alargarse al ser presionado junto y re-rodillada. El contenido de agua del suelo en este punto es reportado como el límite plástico” (Norma ASTM D 4318, 1984, pág. 1).

- **Proctor Modificado – Norma ASTM D1557**

“Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 a 6 pulgadas (101,6 o 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una energía de compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 KN-m/m³)” (Norma ASTM D 1557, 2006, pág. 1).

- **C.B.R. – Norma ASTM D 1883**

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

- Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de sub rasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.

(Norma ASTM D 1883, 2006, pág. 1)

- **Tamiz 200 – Norma ASTM D 422**

“El alcance de la norma es determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo, de igual manera describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta la malla de 74 mm (N° 200)” (Norma ASTM D422, 2016, pág. 1).

- **Clasificación de Suelos (AASHTO) – Norma ASTM D 3282**

Describe un procedimiento para clasificación de suelos minerales y orgánico-minerales en siete grupos, basado en la determinación en el laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice plástico. Puede ser utilizado cuando se requiere una clasificación precisa de ingeniería, especialmente para propósito de construcción de carreteras. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo es realizada por medio de un Índice de Grupo, el cual es un valor calculado de una fórmula empírica.

(Norma ASTM D 3282, 2004, pág. 1)

- **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) – Norma ASTM D 2487**

“Esta norma describe un sistema para clasificar suelos minerales y orgánicos-minerales para propósitos de Ingeniería basados en la determinación en el laboratorio de las características del tamaño de las partículas, límite líquido, e índice de plasticidad y deberá ser usado cuando se requiera una clasificación precisa” (Norma ASTM D 2487, 2015, pág. 1).

4.4.1 Clasificación de suelos AASHTO.

Luego de haber sido analizado en laboratorio cada muestra extraída en campo de la sub rasante del proyecto, se puede determinar en función de la clasificación AASHTO, que se tiene suelos A-2-5, A-2-4, A-4, A-5, A-6, los mismos que se encuentran en el rango de buenos a malos.

4.4.2 Clasificación de suelos SUCS.

Como se indicó anteriormente esta clasificación es más precisa, en donde después de haber realizado el respectivo análisis se determinó suelos: SM (Arena Limosa) y ML (Limo Arenoso) en la mayoría del sector del proyecto (VER ANEXO N° 7 Ensayos de laboratorio).

Tabla 19: Resumen de la clasificación AASHTO y SUCS.

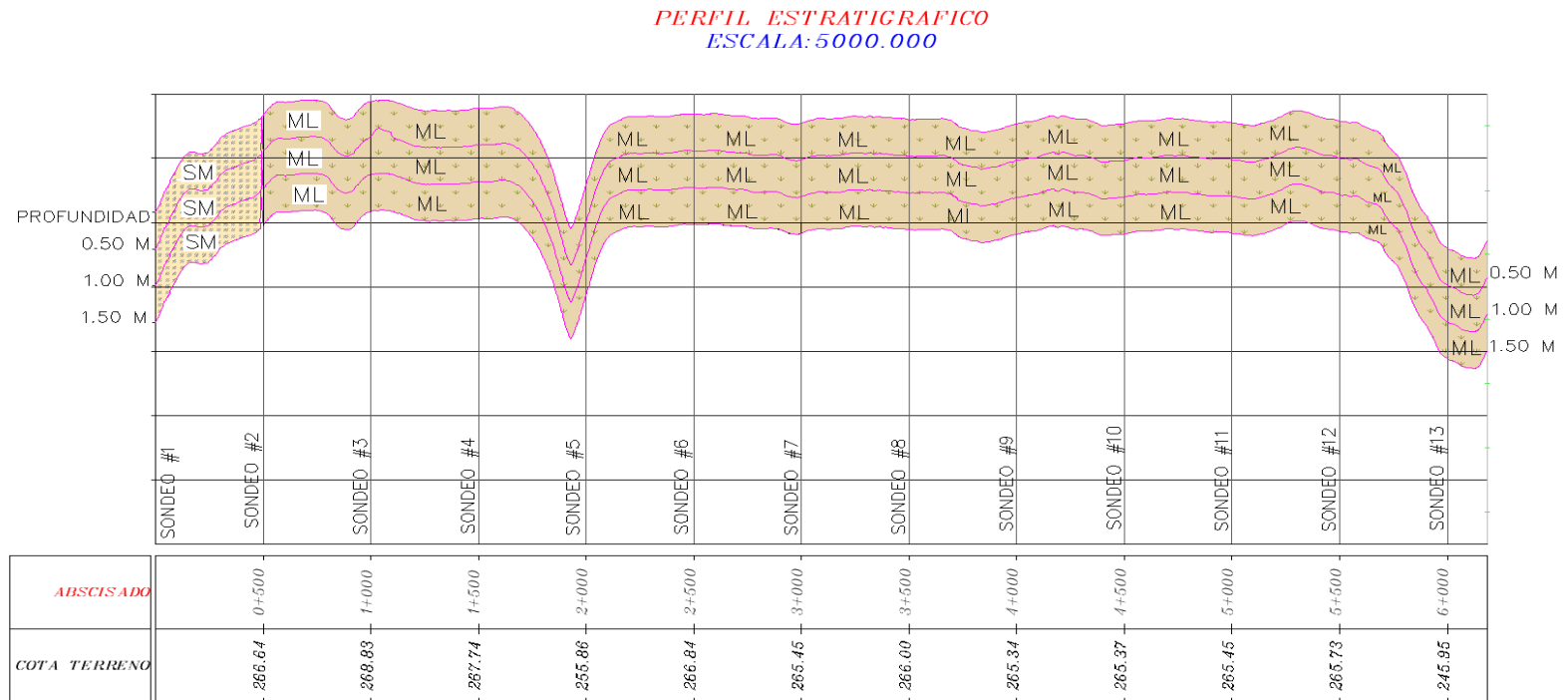
Calicata N°	Margen Muestreo	Abscisa	Granulometría					Humedad Natural %	Límites de Atterberg		Color	Clasif. AASHTO	Clasif. SUCS	
			3"	4	10	40	200		LL (%)	LP (%)				IP (%)
1	Derecho	0+050	100	100	99.5	60.3	31.8	46.70	49.07	41.16	7.92	Marrón	A-2-5	SM
2	Izquierdo	0+500	100	100	99.8	91.6	14.7	12.84	0	0	0	Gris	A-2-4	SM
3	Eje	1+000	100	100	100	99.8	82.4	56.09	0	0	0	Amarillo	A-4	ML
4	Derecho	1+500	100	100	100	99.8	82.4	56.09	0	0	0	Amarillo	A-4	ML
5	Izquierdo	2+000	100	100	100	98.2	83.0	48.91	44.82	36.80	8.02	Café - Oscuro	A-5	ML
6	Eje	2+500	100	100	100	98.2	83.0	48.91	44.82	36.80	8.02	Café - Oscuro	A-5	ML
7	Izquierdo	3+000	100	100	100	98.2	83.0	48.91	44.82	36.80	8.02	Café - Oscuro	A-5	ML
8	Derecho	3+500	100	100	100	98.2	83.0	48.91	44.82	36.80	8.02	Café - Oscuro	A-5	ML
9	Eje	4+000	100	100	100	99.4	88.9	45.93	39.60	26.13	13.47	Café	A-6	ML
10	Izquierdo	4+500	100	100	100	99.4	88.9	45.93	39.60	26.13	13.47	Café	A-6	ML
11	Derecho	5+000	100	100	100	99.4	88.9	45.93	39.60	26.13	13.47	Café	A-6	ML
12	Eje	5+500	100	100	100	99.4	88.9	45.93	39.60	26.13	13.47	Café	A-6	ML
13	Izquierdo	6+100	100	100	100	99.4	88.9	45.93	39.60	26.13	13.47	Café	A-6	ML

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

4.4.3 Perfil estratigráfico.

Una vez analizada y recopilada la información del estudio en laboratorio del proyecto de la vía en estudio, se muestra a continuación los perfiles estratigráficos respectivos.

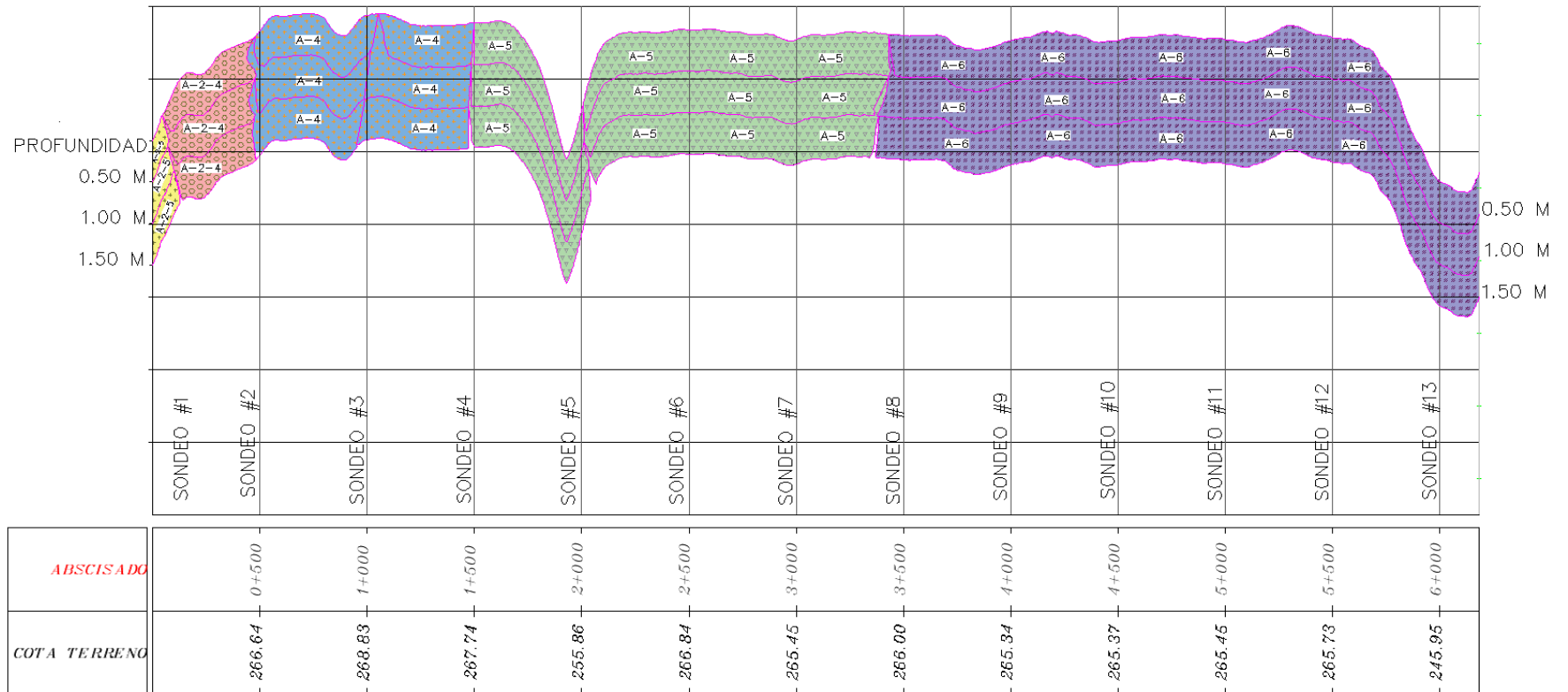


Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 19: Perfil Estratigráfico de clasificación de suelos SUCS

PERFIL ESTRATIGRAFICO
ESCALA: 5000.000



Fuente: EP-EMPVOIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019

Figura 20: Perfil Estratigráfico de clasificación de suelos AAHSTO.

4.4.4 Propiedades mecánicas de la sub rasante – Modulo Resiliente.

- **California Bearing Ratio (CBR)**

Para el proyecto mediante el ensayo de CBR, nos indica un valor promedio de capacidad del suelo de 10.43 Ton/m² (VER ANEXO), esto quiere decir que por cada metro cuadrado esta soporta 10.43 toneladas de peso, y en función de la tabla que se muestra a continuación, se puede determinar a la sub rasante como Regular.

Tabla 20: Clasificación de Suelos en función del valor del CBR.

C.B.R.	Clasificación
0 -- 5	Sub rasante muy mala
5 -- 10	Sub rasante mala
10 -- 20	Sub rasante regular a buena
20 -- 30	Sub rasante muy buena
30 -- 50	Sub base buena
50 -- 80	Base Buena
80 -- 100	Base muy buena

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 21: Resumen de los valores obtenidos del CBR.

Calicata N°	Margen Muestreo	Abscisa	Humedad Natural %	Humedad Optima %	Densidad Max. Seca (Kg/cm³)	C.B.R. al 95% (Ton/m²)
1	Derecho	0+050	46.70	34.98	1.310	7.70
2	Izquierdo	0+500	12.84	13.67	1.554	17.43
3	Eje	1+000	56.09	29.20	1.293	16.52
4	Derecho	1+500	56.09	29.20	1.293	16.52
5	Izquierdo	2+000	48.91	24.78	1.444	6.92
6	Eje	2+500	48.91	24.78	1.444	6.92
7	Izquierdo	3+000	48.91	24.78	1.444	6.92
8	Derecho	3+500	48.91	24.78	1.444	6.92
9	Eje	4+000	45.93	26.51	1.427	3.59
10	Izquierdo	4+500	45.93	26.51	1.427	3.59
11	Derecho	5+000	45.93	26.51	1.427	3.59
12	Eje	5+500	45.93	26.51	1.427	3.59
13	Izquierdo	6+100	45.93	26.51	1.427	3.59

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Con la información obtenida se puede concluir que la Humedad natural está por encima de la Humedad Optima, por lo cual se recomienda trabajar en días soleados, para que de esta manera el sol ayude a evaporar el exceso de humedad del suelo.

- **MODULO RESILIENTE DE DISEÑO (Mr)**

“Varias son las metodologías para diseño de pavimentos, tanto rígidos como flexibles que consideran al parámetro módulo de resiliencia como la base para la caracterización del comportamiento de suelos y materiales granulares. Es por ello que la selección apropiada del módulo de resiliencia de un material se debe de realizar con sumo cuidado, teniendo en cuenta los factores que en él influyen” (Secretaría de comunicaciones y transportes, 2001, pág. 31).

Para el proyecto se determinará el Módulo Resiliente en función de los datos obtenidos del ensayo de CBR de cada una de las muestras analizadas en el laboratorio. Para lo cual se debe determinar un CBR de diseño para un percentil 85% y en base al mismo y en función de las ecuaciones establecidas por la norma AASHTO 93 Design of Pavement Structures se determinará el Módulo Resiliente (Mr).

Tabla 22: Valores de CBR para el cálculo del percentil 85%.

VIA	ABSCISA	ORDINAL	CBR (%)	CBR >a<	% ACUMULADO
Pre Cooperativa Mariscal Sucre - Comunidad Brisas del Jivino	0+050	1	7.70	17.43	7.69
	0+500	2	17.43	16.52	15.38
	1+000	3	16.52	16.52	23.08
	1+500	4	16.52	7.70	30.77
	2+000	5	6.92	6.92	38.46
	2+500	6	6.92	6.92	46.15
	3+000	7	6.92	6.92	53.85
	3+500	8	6.92	6.92	61.54
	4+000	9	3.59	3.59	69.23
	4+500	10	3.59	3.59	76.92
	5+000	11	3.59	3.59	84.62
	5+500	12	3.59	3.59	92.31
	6+100	13	3.59	3.59	100.00

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para hallar el valor del CBR al 85% es importante indicar los rangos que se utilizaran para el respectivo calculo, que se muestra a continuación:

$$\text{CBR al } 84.62\% \Rightarrow 3.59$$

$$\text{CBR al } 92.31\% \Rightarrow 3.59$$

Una vez establecidos los rangos se procede a el cálculo del valor del CBR al 85%, mediante la siguiente expresión:

$$\text{CBR al } 85\% \Rightarrow 3.59 + \left(\frac{85-84.62}{92.31-84.62} \right) (3.59 - 3.59)$$

$$\text{CBR al } 85\% = 3.59$$

Una vez obtenido el CBR de diseño de 3.59% y en función de las ecuaciones de la norma AASHTO 93 que se indican a continuación se determinara el Módulo Resiliente (Mr).

Cuando:

$$CBR \leq 7.2\% \quad Mr = 1500 * CBR [psi] \quad (\text{Ec. 11})$$

$$7.2\% < CBR \leq 20\% \quad Mr = 3000 * CBR^{0.65} [psi] \quad (\text{Ec. 12})$$

$$CBR > 20\% \quad Mr = 436 * \ln CBR + 241 [psi] \quad (\text{Ec. 13})$$

Al tener un CBR de 3.59% se escogerá la ecuación 11, la cual es válida para CBR $\leq 7.2\%$, de tal manera el Módulo Resiliente es de 5385 PSI.

$$Mr = 1500 * CBR [psi]$$

$$Mr = 1500 * 3.59 [psi]$$

$$Mr = 5385 [psi]$$

4.5 Análisis de fuentes del material pétreo.

“La provincia de Orellana, según datos del año 2013 de la Agencia de Regulación y Control Minero, posee 55 concesiones mineras localizadas en los 4 cantones, donde el 87% de recurso minero de la provincia se concentra en la extracción de materiales de construcción (pétreos)” (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Orellana, 2015, pág. 105).

Para el presente estudio tomando en consideración la disponibilidad de materiales y la distancia desde el centro de gravedad del proyecto a las minas más cercanas al sector, se han seleccionado 3 alternativas que se indican a continuación:

- Mina La Realidad
- Mina CEE Guayusa
- Mina Guayusa 2

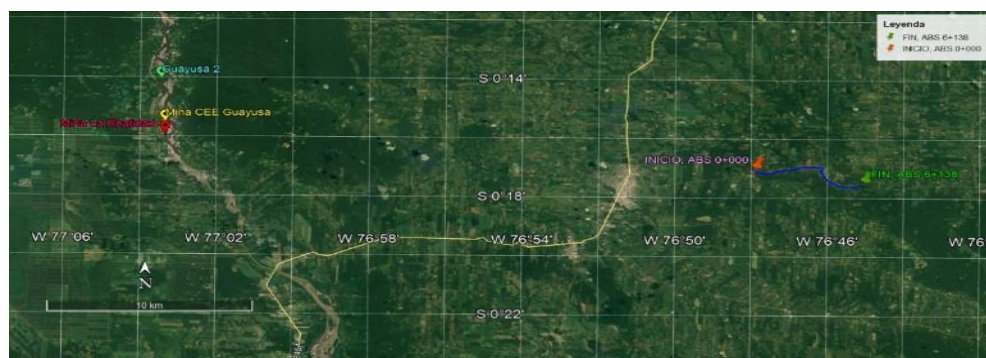
4.5.1 Localización de la mina.

Las tres minas seleccionadas como alternativas para el proyecto se encuentran dentro de la Provincia de Orellana, en donde se describe su ubicación a continuación:

Tabla 23: Localización de minas seleccionadas para el proyecto.

Nombre Mina	Código	Estado	Coordenadas		Distancia al centro gravedad proyecto
			Norte	Este	
Mina La Realidad	401296	INSCRITA	9970500	271200	43 km
CEE GUAYUSA	490730	INSCRITA	9971200	271200	44 km
Guayusa 2	490600	INSCRITA	9973900	271000	47 km

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Google Earth, 2019.

Figura 21: Ubicación de minas seleccionadas para el proyecto.

Tomando en consideración parámetros como la distancia, disponibilidad de materiales y licencia ambiental de funcionamiento vigente emitida por la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) se ha elegido la cantera para la aportación de materiales pétreos para el proyecto a la Mina La Realidad con su respectivo código de funcionamiento N° 401296.

4.5.2 Clasificación de los materiales de la mina.

Es muy importante que los materiales con los que cuenta la Mina La Realidad cumplan con los parámetros mínimos vigentes establecidos tanto en la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas y del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.

Para lo cual se realizó los respectivos ensayos indicados en la norma ASTM tanto de granulometría y abrasión, los cuales permitirán conocer la calidad del material de la mina, en donde se sustrajo muestras representativas para granulometría para el respectivo análisis en laboratorio, en función de la normativa del MTOP indicado para Base en la sección 404-1.2 y Sub-Base en la sección 403-1.1; y para el ensayo de Abrasión en la norma AASHTO T-96, INEN 860 y 861 en donde se indica el procedimiento del mismo en la máquina de los ángeles.

Los respectivos ensayos fueron entregados por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana, los cuales se describen a continuación:

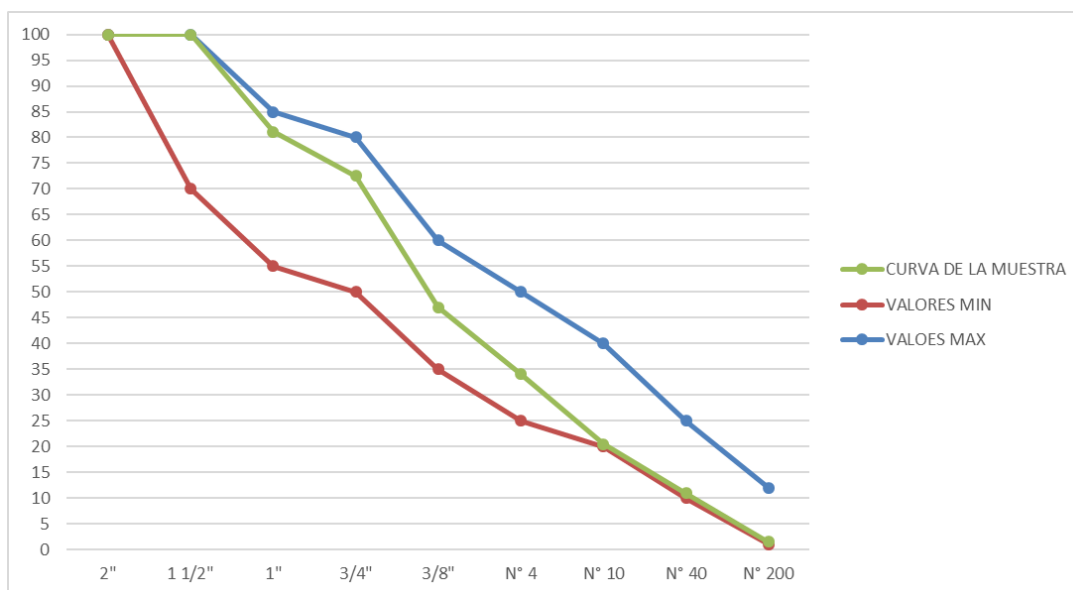
- **BASE:** A continuación, se muestran los resultados obtenidos tanto del ensayo de granulometría como Abrasión para la Base de la Mina La Realidad:

Tabla 24: Granulometría de la Base de la Mina La Realidad.

TAMIZ	ABERTURA	MAT. RETENIDO PARCIAL	MATERIAL RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL RETENDO	% MATERIAL QUE PASA	LIMITES
N°	(mm)	(gr)	(gr)		MAX.	MIN.
3"	76.2	0	0	0	100	
2 1/2"	64	0	0	0	100	
2"	50.8	0	0	0	100	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	70
1"	25.4	4052	4052	18.5	81.5	55
3/4"	19	2054	6106	27.9	72.1	50
1/2"	13.2	3452	9558	43.6	56.4	
3/8"	9.51	2154	11712	53.5	46.5	35
N° 4	4.76	2751	14463	66.0	34.0	25
N° 10	2.0	2985	17448	79.7	20.3	20
N° 40	0.425	1952	19400	88.6	11.4	10
N° 200	0.075	2054	21454	97.9	2.1	2
BANDEJA		450	21904	100	0.0	

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 22: Curva Granulométrica de la Base de la Mina La Realidad.

Tabla 40: Resultado del Ensayo de Abrasión de la Base de la Mina La Realidad.

TIPO DE GRADACION: B	
MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A= 5002,4
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N°12 DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	B= 3676,5
$C = A - B$	
MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12	C = 1325,9
$D = C / A * 100$	
PORCENTAJE DE DESAGASTE	D= 26.51%
ESPECIFICADO NORMA	< 40%

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 25: Tipo de Base Clase 1 normativa MOP.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	TIPO A	TIPO B
2" (50.8 mm)	100	--
1 1/2" (38.1 mm)	70 - 100	100
1" (25.4 mm)	55 - 85	70 - 100
3/4" (19.0 mm)	50 - 80	60 - 90
3/8" (9.5 mm)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm)	10 -- 25	10 -- 25
Nº 200 (0.075 mm)	2 -- 12	2 -- 12

Fuente: MTOP 001-F-2002-Pg 373 Iv-4#404-1.02 Materiales, 2002.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

El material de la Mina La Realidad para Base cumple con los requisitos mínimos establecidos en la normativa, ya que el resultado de Granulometría muestra una curva dentro de los límites máximos y mínimos de una Base Clase I y en el resultado del ensayo de Abrasión el porcentaje de desgaste es de 26.51% es decir menor al valor establecido en la norma de 40%, por lo tanto, cumple con lo especificado en la normativa vigente.

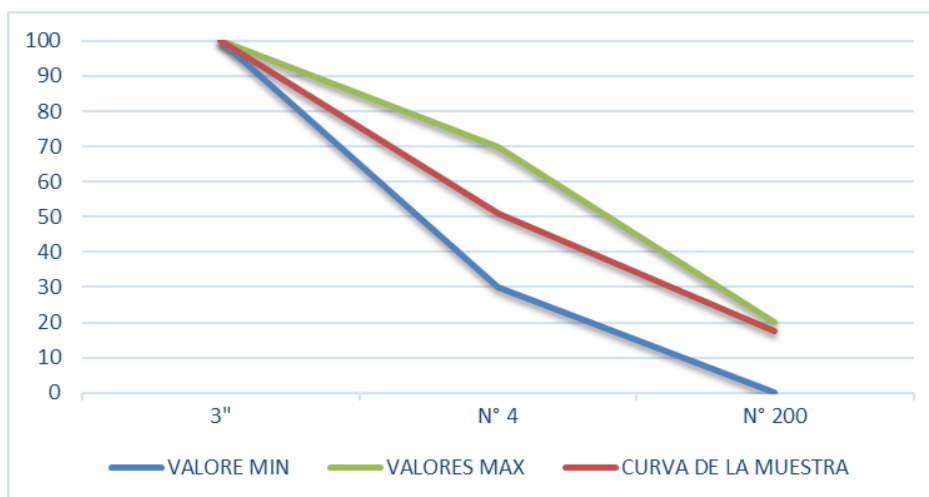
- **SUB-BASE:** A continuación, se muestran los resultados obtenidos tanto del ensayo de granulometría como Abrasión para la Sub-Base de la Mina La Realidad:

Tabla 26: Granulometría de la Sub-Base de la Mina La Realidad.

TAMIZ	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO PARCIAL	MATERIAL RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL RETENDO	% MATERIAL QUE PASA	LIMITES	
Nº	(mm)	(gr)	(gr)			MAX.	MIN.
3 1/2"	88,8	0		0	100		
3"	76,2	0		0	100	100	100
Nº 4	4,76	17985	17985	49,5	50,5	30	70
Nº 200	0,075	11845	29830	82,1	17,9	0	20
Bandeja		6524	36354	100	0		

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 23: Curva Granulométrica de la Sub Base.

Tabla 27: Resultado de Ensayo de Abrasión para Sub-Base.

TIPO DE GRADACION: B	
MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A= 5003,2
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N°12 DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	B= 3526,7
$C = A - B$	
MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12	C=1476,5
$D = C / A * 100$	
PORCENTAJE DE DESAGASTE	D=29.51%
ESPECIFICADO NORMA	< 50%

Fuente: EP-EMPROVIAL Laboratorio de suelos del GADPO, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 28: Tipo de Sub-Base normativa MTOP.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (7.62 mm)	--	--	100
2" (50.4 mm)	--	100	--
1 1/2" (38.1 mm)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm)	30 - 70	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Fuente: MTOP 001-F-2002-Pg 341 Iv-4#403-1.02 Materiales, 2002.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

El material de la Mina La Realidad para Sub-Base cumple con los requisitos mínimos establecidos en la normativa, ya que el resultado de Granulometría muestra una curva dentro de los límites máximos y mínimos de una Sub-Base Clase III y en el resultado del ensayo de Abrasión el porcentaje de desgaste es de 29.51% es decir menor al valor establecido en la norma de 50%, por lo tanto, cumple con especificado en la normativa vigente.

4.5.3 Especificaciones Técnicas.

- **SUB BASE:** “La capa de sub-base está constituida de material granular, sea que se obtengan por trituración, cribado o provenga de depósitos naturales de arena o grava, o sean una mezcla de los dos materiales” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 101).

Según lo indicado en la sección 816 de la normativa de la MOP (2002), los agregados de la sub -base deben cumplir con las características que se describen a continuación:

- Coeficiente de Desgaste máximo de 50 %
- Índice de Plasticidad menor a 6%
- Limite liquido máximo de 25%
- CBR igual o mayor del 30%

Las Sub-Base se clasifican en tres tipos en función de los límites de Granulometría indicado en la normativa de la MOP, las cuales son:

- **SUB-BASE CLASE 1:** “La sub base Clase 1 está formada por agregados gruesos provenientes de la trituración de grava o roca, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificadas” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 101)
- **SUB-BASE CLASE 2:** La subbase Clase 2 está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante trituración o cribado de gravas o yacimientos cuyas partículas estén fragmentadas naturalmente, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada. Los agregados deben cumplir los requisitos comunes establecidos en la subsección 816-2. (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 102)
- **SUB-BASE CLASE 3:** La sub base Clase 3 está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante cribado de gravas o roca mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada en la Tabla 403-1.1. Este material debe cumplir con los requisitos comunes establecidos en la subsección 816-2. (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 102)

Tabla 29: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Sub-Base

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (7.62 mm)	--	--	100
2" (50.4 mm)	--	100	--
1 1/2 (38.1 mm)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm)	30 - 70	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm)	0 - 15	0 -20	0 - 20

Fuente: MOP 001-F-2002-Pg 102 Iv-4#403-1.02 Materiales, 2019
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **BASE:** “La capa de base está conformada por material granular, sea que se obtengan por trituración o provengan de depósitos naturales de arena y grava” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 94)

Según lo indicado en la sección 814 de la normativa de la MOP (2002) para Bases, los agregados de la Base deben cumplir con las características que se describen a continuación:

- Coeficiente de Desgaste menor del 40 %
- Índice de Plasticidad menor a 6%
- Limite liquido menor de 25%
- CBR igual o mayor al 80%

Las Bases se clasifican en tres tipos en función de los límites de Granulometría indicado en la normativa de la MOP, las cuales son:

- **BASE CLASE 1:** “Cuando se haya especificado el empleo de este tipo de agregados, el material se obtendrá por trituración de grava o roca, para producir fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable. Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 1 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 404-4.1 de estas especificaciones, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27)” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 94).

Tabla 30: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	TIPO A	TIPO B
2" (50.8 mm)	100	--
1 1/2" (38.1 mm)	70 - 100	100
1" (25.4 mm)	55 - 85	70 - 100
3/4" (19.0 mm)	50 - 80	60 - 90
3/8" (9.5 mm)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm)	10 -- 25	10 -- 25
Nº 200 (0.075 mm)	2 -- 12	2 -- 12

Fuente: MOP 001-F-2002-Pg 97 Iv-4#404-1.02 Materiales, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **BASE CLASE 2:** “Los agregados para Capas de Base Clase 2 y 3 cumplirán con los requisitos establecidos en las subsecciones 814-2 y 814-3, para la porción triturada y cribada, respectivamente, y se mezclarán en la proporción indicada en las Especificaciones Particulares de la obra, antes de su empleo. Su granulometría será la indicada en las Tablas 404-1.2 y 404-1.3” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 96)

Tabla 31: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 2.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm.)	100
3/4" (19.0 mm.)	70 - 100
3/8" (9.5 mm.)	50 - 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

Fuente: MOP 001-F-2002-Pg 96 Iv-4#404-1.02 Materiales, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **BASE CLASE 3:** “Los agregados para Capas de Base Clase 3 cumplirán con los requisitos establecidos en las subsecciones 814-2 y 814-3, para la porción triturada y cribada, respectivamente, y se mezclarán en la proporción indicada

en las Especificaciones Particulares de la obra, antes de su empleo. Su granulometría será la indicada en las Tablas 404-1.2 y 404-1.3” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 96).

Tabla 32: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 3

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
¾”(19.0 mm.)	100
Nº 4 (4.76 mm.)	45 - 80
Nº 10 (2.00 mm.)	30 - 60
Nº 40 (0.425 mm.)	20 - 35
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

Fuente: MOP 001-F-2002-Pg 96 Iv-4#404-1.03 Materiales, 2019.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **BASE CLASE 4:** “Cuando se haya especificado el empleo de este tipo de agregados, los materiales se obtendrán por trituración o cribado de grava natural, para obtener fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable. Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 4 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino, y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 404-1.4 de estas especificaciones, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27)” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 95)

Tabla 33: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 4

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
Nº 4 (4.76 mm.)	20 - 50
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15

Fuente: MOP 001-F-2002-Pg 97 Iv-4#404-1.4 Materiales, 2019.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

CAPITULO 5

5. DISEÑO DE PAVIMENTO

5.1 Generalidades

Este capítulo de diseño de pavimento tiene como objetivo determinar el espesor de cada una de las capas que conforman la superficie de rodamiento, las cuales permiten la correcta distribución y transmisión de las cargas vehiculares hacia el terreno de cimentación de la vía, permitiendo tener un tráfico seguro y confortable de los vehículos del sector.

Dentro de las normativas se indica dos tipos de pavimentos, los cuales son: Pavimento Flexible y Pavimento Rígido, en donde se tiene una clara diferencia la cual radica en la resistencia a la flexión de ambos pavimentos.

Para el cálculo de los espesores de la estructura de pavimento de la vía que interconecta la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, se ha considerado usar el método propuesto por la norma AASHTO 93 en el AASHTO GUIDE FOR PAVEMENT DESIGN, en el cual se presenta la siguiente ecuación:

$$\log_{10} W_{18} = Z_r + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} Mr - 8.07 \quad (\text{Ec. } 14)$$

Donde:

W_{t18} = Número de repeticiones de cargas equivalentes de 18 kips. (8.2 Ton) acumuladas en el periodo de diseño (n).

Z_r : Valor del desviador en una curva de distribución normal para un nivel de confiab.

R

SN : Numero estructural [pulg].

S_o : Desviación Estándar

Δ PSI: Pérdida de Serviciabilidad, diferencia entre el índice de servicio inicial (po) y el índice de servicio final (pt)

Mr: Módulo resiliente de la sub rasante [psi]

- **TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) Y PERIODOS DE DISEÑO**

El TPDA obtenido en el Capítulo III anteriormente en función a la normativa vigente del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, donde estipula realizar un conteo tanto de cuantificación y clasificación del flujo vehicular existente durante 7 días consecutivos tanto al inicio como al final del proyecto.

Para lo cual se determinó un Tráfico Promedio Diario Anual de la vía de 226 vehículos para un periodo de 10 años y 286 vehículos para un periodo de 20 años, a continuación, se muestra una tabla con el resumen de la información:

Tabla 34: Tráfico Promedio Diario Anual para los periodos de 10 y 20 años.

AÑO	TPDA	Td (6.5%*TPDA)	TD (0%*TPDA)	TG (9.5%*TPDA)	TPDA TOTAL
2019	154	10	0	15	179
2029	195	13	0	18	226
2039	246	16	0	23	286

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **CARGA VEHICULAR DE DISEÑO**

Posteriormente de obtener el TPDA tanto para el periodo de 10 y 20 años, en función de la norma AASHTO se determinó los ejes equivalentes respectivamente, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 35: Ejes Equivalentes para los periodos de 10 y 20 años

Años	TPDA Vehículos	Ejes Equivalentes
2029 (10 años)	226	139405
2039 (20 años)	286	303892

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **NIVEL DE CONFIABILIDAD (R%)**

“La confiabilidad de un proceso de diseño-comportamiento de un pavimento, es la probabilidad de que una sección del pavimento, diseñada usando el proceso, se comportara satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente, durante el periodo de tiempo transcurrido para que una estructura de pavimento, nueva o rehabilitada se deteriore desde su serviciabilidad inicial hasta serviciabilidad final” (Guia AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos, 1993, pág. 95).

Tabla 36: Niveles de confiabilidad Sugeridos para varias Clasificaciones Funcionales.

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y Obras Vías Libres	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 130
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tomando como referencia la clase de vía que se determinó en función del tráfico proyectado en el Capítulo III de una vía Tipo IV de función vecinal, y como el proyecto está ubicado en el sector rural, el nivel de confiabilidad adoptado es de R= 80. Con este valor adoptado para el diseño se considera que el costo del pavimento para su ejecución inicial será alto, pero a la vez tendrá un menor mantenimiento a corto plazo, referencia importante a la hora de analizar el presupuesto para la ejecución del proyecto por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana.

- **COEFICIENTE ESTADISTICO DE DESVIACION ESTANDAR (Zr)**

Una vez determinado el valor del nivel de confiabilidad de R= 80, en función de la siguiente tabla que muestra el valor de Zr tomando como base el valor de R, el cual es obtenido de las tablas de área de la curva estándar normal:

Tabla 37: Valores de la Desviación Estándar Normal (ZR), corresponde a niveles seleccionados de confiabilidad.

Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal, ZR
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 105.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Con una confiabilidad (R) de 80 % se tiene un valor de Desviación Estándar Normal (ZR) de -0.841 para los respectivos cálculos del diseño de pavimento tanto para el periodo de 10 y 20 años.

- **DESVIACION ESTANDAR (So)**

El valor de Desviación Estándar (So) se lo adopto en función del tipo de pavimento, como para el proyecto se va a realizar un diseño tanto para pavimento rígido como flexible, los valores para cada tipo de pavimento es el promedio entre los dos valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 38: Valor de Desviación Estándar (So) para un tipo de pavimento.

Rango	Tipo de Pavimento
0.30 - 0.40	Pavimentos Rígidos
0.40 - 0.50	Pavimentos Flexibles

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 107.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el pavimento rígido se tendrá un valor de $S_o=0.35$ y para el pavimento rígido se tendrá un valor de $S_o= 0.45$.

- **INDICE DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)**

“La serviciabilidad de un pavimento esta expresada en términos del Índice de serviciabilidad presente Pavement Serviciability Index (PSI). Este PSI es obtenido de las medidas de rugosidad y daños en un momento particular durante la vida de servicio del pavimento. La escala para el PSI va de 0 a 5, con el valor de 5 representando al índice de serviciabilidad más alto” (Guía AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos, 1993, pág. 23).

Tabla 39: Índice de Serviciabilidad de diseño.

Índice de Serviciabilidad Inicial (P_o)	
4,2	Pavimento flexible
4,5	Pavimento Rígido
Índice de Serviciabilidad Final (P_t)	
2.5 ó 3.0	Carreteras Principales
2	Carreteras con clasificación menor
1,5	Carreteras relativamente menores, donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 23

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Según lo indicado en la tabla de la norma AASHTO, para nuestro proyecto se adoptó para el diseño tanto del pavimento rígido como flexible, los valores que a continuación se describen:

Para el Pavimento rígido se adoptó un Índice de Serviciabilidad Inicial (P_o) de 4.5 y un Índice de Serviciabilidad Final (P_t) de 2, debido a que nuestra vía es de función Colectora. Por lo tanto, la variación del Índice de serviciabilidad para el diseño de pavimento rígido es:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (\text{Ec. 15})$$

$$\Delta PSI = 4.5 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.50$$

Para el Pavimento flexible se adoptó un Índice de Serviciabilidad Inicial (P_o) de 4.2 y un Índice de Serviciabilidad Final (P_t) de 2, debido a que nuestra vía es de función Colectora. Por lo tanto, la variación del Índice de serviciabilidad para el diseño de pavimento flexible se utiliza de igual forma la ecuación 15:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.20$$

- **CAPACIDAD DE DRENAJE (mi)**

“El drenaje del agua de los pavimentos ha sido siempre una consideración importante en el diseño de carreteras; sin embargo, los métodos corrientes de diseño han resultado a menudo en capas de base que no drenan bien. Este exceso de agua combinada con volúmenes y cargas de tráfico crecientes, han llevado a menudo al destroz prematuro de la estructura de pavimento” (Guía AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos, 1993, pág. 56).

Para el presente proyecto se determinó la calidad de drenaje como Bueno en función del material que conforma la capa de estructura del pavimento, el mismo que no contiene material arcilloso; y la topografía del sector, la cual es llana a ondulada en su mayoría, por lo tanto, para una calidad de drenaje Bueno según la tabla que se muestra a continuación de la normativa AASHTO en el subcapítulo de drenaje indica un tiempo de remoción del agua de 1 día.

Tabla 40: Tiempo de remoción del agua en función de la calidad de drenaje.

Calidad de Drenaje	Tiempo de Remoción del Agua
Excelente	2 Horas
Bueno	1 día
Regular	1 Semana
Pobre	1 Mes
Muy Pobre	No drena

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 153.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para obtener los diferentes coeficientes de drenaje para la base, sub-base y mejoramiento, se realizó la recopilación de la información meteorológica de la estación M052 Coca Aeropuerto, la cual se encuentra disponible en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas 2015.

Tabla 41: Precipitación media mensuales – Estación M052 Coca Aeropuerto.

Meses	E	F	M	A	Mayo	Jun	Jul	A	S	O	N	D	Máxima Anual
P. Máxima	187,4	238,1	299,6	318,4	327,4	304,9	237,6	173,8	215,7	266,0	289,4	264,4	3122,7

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para determinar los coeficientes se lo realiza en función de la siguiente ecuación:

$$m2 = \frac{\text{Precipitaciones de meses de lluvia}}{\text{Precipitación total anual}} * 100 \quad (\text{Ec. 16})$$

$$m2 = \frac{327.4}{3122.7} * 100$$

$$m2 = 10.48 \%$$

Por lo tanto, se tiene como resultado un 10.48% de saturación y para poder calcular los valores de la capacidad de drenaje para base, sub-base y mejoramiento se debe realizar una interpolación de los valores entre el rango de 5% - 25%, los cuales se indican a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 42: Valores de m recomendados para los coeficientes de capa asfáltica modificados de materiales de base y Sub base no tratada en pavimentos Flexibles.

Calidad del Drenaje	% del Tiempo que la Estructura del Pavimento está expuesta a niveles de Humedad cercanos a la saturación			
	< 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	> 25 %
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1,20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1,00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0,80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.8	0.80 - 0.60	0,60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0,40

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 154.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 43: Valores recomendados del coeficiente de drenaje C_d , para el Diseño de Pavimentos Rígidos.

Calidad del Drenaje	% del Tiempo que la Estructura del Pavimento está expuesta a niveles de Humedad cercanos a la saturación			
	< 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	> 25 %
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1,10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1,00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0,90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0,80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0,70

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 155.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Luego de realizar la debida interpolación tanto para los valores de pavimento flexible como rígido, se obtiene los valores de la capacidad de drenaje de $m_2=1.041$ y $m_3=0.869$, donde se tiene lo siguiente:

- Base $m_2= 1.041$
- Sub-Base $m_3=0.869$
- Mejoramiento $m_4=0.869$

5.2 Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 1993

5.2.1 Pavimento flexible, asfalto.

- **DETERMINACIÓN DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SN) PARA PAVIMENTO FLEXIBLE**

“Para determinar el número estructural de diseño (SN) requerido para condiciones específicas, se debe tomar en cuenta el tránsito futuro estimado para el periodo de diseño, la confiabilidad, la cual asume que todos los datos de entrada son valores promedio, la desviación estándar total, el módulo resiliente efectivo del material del suelo de fundación y la pérdida de serviciabilidad” (Guía AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos, 1993, pág. 164).

- **SUBRASANTE**

En capítulos anteriores del proyecto se han obtenidos cada uno de los parámetros necesarios para determinar el número estructural de la Sub rasante.

Tabla 44: Resumen de los parámetros de la sub rasante para determinar el número estructural de diseño

Material	Periodo de Diseño (años)	Mr (PSI)	IPDA	ESALS's	Confiabilidad (R%)	Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)	Desviación Estándar (So)	Índice de serviciabilidad inicial (Po)	Índice de serviciabilidad final (Pt)	Variación del Índice de serviciabilidad (ΔPSI)
Sub Rasante	10	5385	226	139405	80	-0,841	0,45	4,2	2	2,2
	20	5385	286	303892	80	-0,841	0,45	4,2	2	2,2

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Diseño de Pavimento Flexible
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final
PSI Inicial: 4.2
PSI Final: 2

Confiableabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]
Zr: -0.841
So: 0.45

Seleccionar dato que tiene
☐ Espesor D ☒ Eje W18
W18: 139405

Módulo de Reacción de la Subrasante
K: 5385 pci

Resultado
D: 2.57986 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

=====
[Calcular] [Insertar] [Limpiar]

Fuente: Software PavimR,2000

Figura 24: Numero Estructural para pavimento flexible para un periodo de 10 años

Diseño de Pavimento Flexible
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final
PSI Inicial: 4.2
PSI Final: 2

Confiableabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]
Zr: -0.841
So: 0.45

Seleccionar dato que tiene
☐ Espesor D ☒ Eje W18
W18: 303892

Módulo de Reacción de la Subrasante
K: 5385 pci

Resultado
D: 2.90921 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

=====
[Calcular] [Insertar] [Limpiar]

Fuente: Software PavimR,2000

Figura 25: Numero Estructural para pavimento flexible para un periodo de 20 años

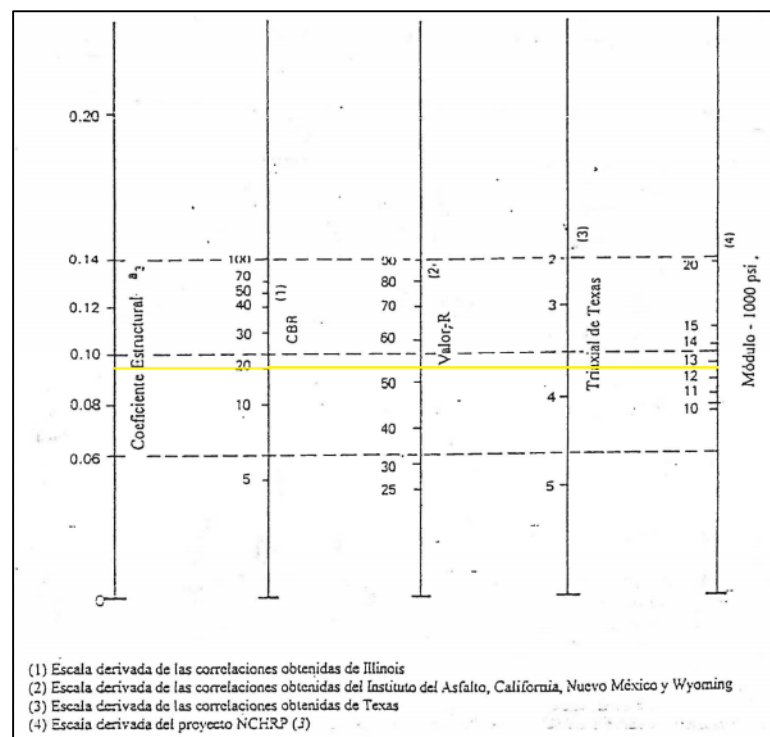
Como resultado de los cálculos proporcionados por el software computacional pavimR basado en la ecuación de la normativa AASHTO 93, se tiene los siguientes

números estructurales para la sub rasante (SNT), para un periodo de 10 años 2.58 in y para un periodo de 20 años 2.91 in.

- **MEJORAMIENTO**

“Los suelos empleados en la construcción de los rellenos deben poseer una capacidad portante adecuada, y no deben presentar expansividades mayores al 4%. Tampoco se permite el empleo de suelos que, en el ensayo de compactación realizado, de acuerdo a lo prescrito en la Norma AASTHTO T-180, presenten densidades máximas menores a 1.400 Kg/m³” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 103).

Mediante los ábacos de la normativa AASHTO 93, la cual en función del valor del CBR mínimo del 20% se podrá determinar el valor del Módulo resiliente y el coeficiente estructural del mejoramiento.



Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 149.

Figura 26: Abaco correspondiente a los parámetros de resistencia del mejoramiento

Para un valor de CBR igual al 20% se obtiene un valor de coeficiente estructural (a_2) de 0.095 y un Módulo Resiliente (M_r) de 12 733 PSI.

Tabla 45: Resumen de los parámetros del mejoramiento para determinar el número estructural de diseño

Material	Periodo de Diseño (años)	Mr (PSI)	TPDA	ESALS's	Confiabilidad (R%)	Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)	Desviación Estándar (So)	Índice de serviciabilidad inicial (Po)	Índice de serviciabilidad final (Pt)	Variación del Índice de serviciabilidad (ΔPSI)
Mejoramiento	10	12733	226	139405	80	-0,841	0,45	4,2	2	2,2
	20	12733	286	303892	80	-0,841	0,45	4,2	2	2,2

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Fuente: Software PavimR, 2000

Figura 27: Número Estructural del mejoramiento para pavimento flexible para un periodo de 10 años

Fuente: Software PavimR, 2000

Figura 28: Número Estructural del mejoramiento para pavimento flexible para un periodo de 20 años

Como resultado de los cálculos proporcionados por el software computacional pavimR basado en la ecuación de la normativa AASHTO 93, se tiene los siguientes

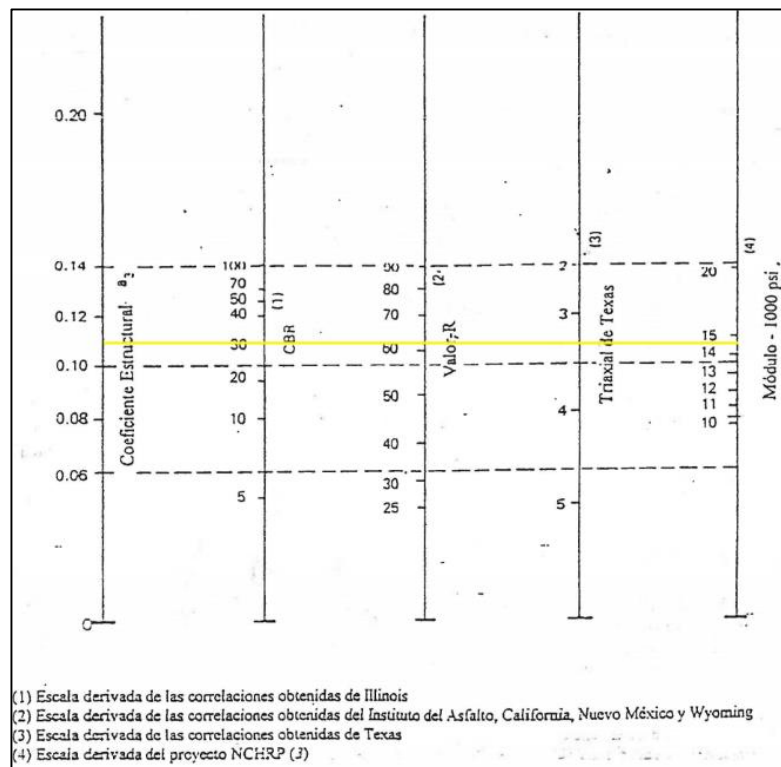
números estructurales del mejoramiento (SN4), para un periodo de 10 años 1.87 in y para un periodo de 20 años 2.13 in.

- **SUB-BASE**

“Para el proyecto en el Capítulo IV se determinó una sub-base Clase III, la misma que cumple con las siguientes características:

Los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 242).

Mediante los ábacos de la normativa AASHTO 93, la cual en función del valor del CBR igual al 30% se podrá determinar el valor del Módulo resiliente y el coeficiente estructural de la sub base.



Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 149.

Figura 29: Abaco correspondiente a los parámetros de resistencia de la sub-base.

Para un valor de CBR igual al 30% se obtiene un valor de coeficiente estructural para sub-base (a3) de 0.11 y un Módulo Resiliente (Mr3) de 14 600 PSI.

Tabla 46: Resumen de los parámetros de la sub-base para determinar el número estructural de diseño

Material	Periodo de Diseño (años)	Mr (PSI)	TPDA	ESALS's	Confabilidad (R%)	Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)	Desviación Estándar (So)	Índice de serviciabilidad inicial (Po)	Índice de serviciabilidad final (Pt)	Variación del Índice de serviciabilidad (Δ PSI)
Sub-Base	10	14600	226	139405	80	-0,841	0,45	4,2	2	2,2
	20	14600	286	303892	80	-0,841	0,45	4,2	2	2,2

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Diseño de Pavimento Flexible
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final PSI Inicial: 4.2 PSI Final: 2	Confiableabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So] Zr: -0.841 So: 0.45
--	--

Seleccionar dato que tiene
☐ Espesor D ☒ Eje W18

W18: 139405	Módulo de Reacción de la Subrasante K: 14600 pci
-------------	--

Resultado
 D: 1.77335 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
 psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
 plg = Pulgadas

=====

Fuente: Software PavimR,2000

Figura 30: Número Estructural de la sub-base para pavimento flexible para un periodo de 10 años

Diseño de Pavimento Flexible
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final PSI Inicial: 4.2 PSI Final: 2	Confiableabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So] Zr: -0.841 So: 0.45
--	--

Seleccionar dato que tiene
☐ Espesor D ☒ Eje W18

W18: 303892	Módulo de Reacción de la Subrasante K: 14600 pci
-------------	--

Resultado
 D: 2.01972 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
 psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
 plg = Pulgadas

=====

Fuente: Software PavimR,2000

Figura 31: Número Estructural de la sub-base para pavimento flexible para un periodo de 20 años

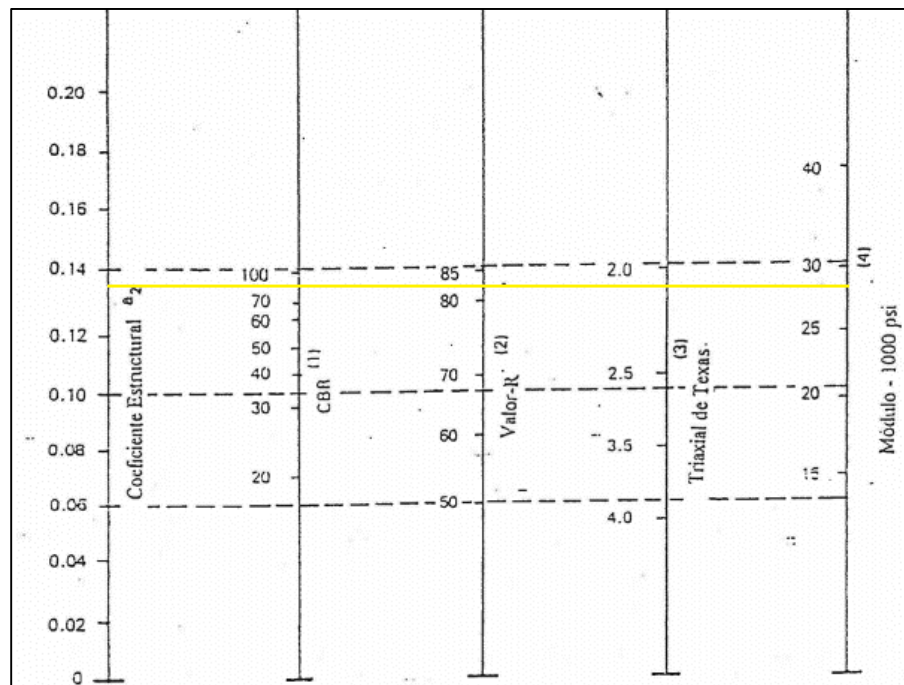
Como resultado de los cálculos proporcionados por el software computacional pavimR basado en la ecuación de la normativa AASHTO 93, se tiene los siguientes números estructurales de la sub-base (SN3), para un periodo de 10 años 1.77 in y para un periodo de 20 años 2.02 in.

- **BASE**

Para el proyecto en el Capítulo IV se determinó una Base Clase I Tipo A, la misma que cumple con las siguientes características:

“El límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%” (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 242).

Mediante los ábacos de la normativa AASHTO 93, la cual en función del valor del CBR igual al 82% se podrá determinar el valor del Módulo resiliente y el coeficiente estructural de la base.



Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 146.

Figura 32: Abaco correspondiente a los parámetros de resistencia de la Base.

Para un valor de CBR igual al 82% se obtiene un valor de coeficiente estructural para Base (a2) de 0.135 y un Módulo Resiliente (Mr2) de 28 700 PSI.

Tabla 47: Resumen de los parámetros de la Base para determinar el número estructural de diseño

Material	Periodo de Diseño (años)	Mr (PSI)	TPDA	ESALS's	Confianza (R%)	Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)	Desviación Estándar (So)	Índice de serviciabilidad inicial (Po)	Índice de serviciabilidad final (Pt)	Variación del Índice de serviciabilidad (ΔPSI)
Base	10	28700	226	139405	80	-0,841	0,45	4,2	2	2,2
	20	28700	286	303892	80	-0,841	0,45	4,2	2	2,2

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

The screenshot shows the 'Diseño de Pavimento Flexible' software window. The title bar is blue with the text 'Diseño de Pavimento Flexible'. Below the title bar, the subtitle 'Ecuación AASHTO 93' is displayed. The interface is divided into several sections:

- Serviciabilidad Inicial y Final:** Contains input fields for 'PSI Inicial' (4.2) and 'PSI Final' (2).
- Confianza [Zr] y Desviación Estándar [So]:** Contains input fields for 'Zr' (-0.841) and 'So' (0.45). A green plus button is next to the Zr field.
- Seleccionar dato que tiene:** Contains two radio buttons: 'Espesor D' (unselected) and 'Eje W18' (selected).
- Módulo de Reacción de la Subrasante:** Contains an input field for 'K' (28700) and the unit 'pci'.
- Resultado:** Contains an input field for 'D' (1.34063) and the unit 'plg'.
- Conversiones:** Below the result section, there are three lines of text: 'pci = Libras /pulgadas^3 [lb/plg^3]', 'psi = Libras /pulgadas^2 [lb/plg^2]', and 'plg = Pulgadas'.
- Botones:** At the bottom, there are three buttons: 'Calcular' (with a calculator icon), 'Insertar' (with a green plus icon), and 'Limpiar' (with a trash can icon).

Fuente: Software PavimR,2000

Figura 33: Número Estructural de la Base para pavimento flexible para un periodo de 10 años

Diseño de Pavimento Flexible
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final
PSI Inicial: 4.2
PSI Final: 2

Confiabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]
Zr: -0.841
So: 0.45

Seleccionar dato que tiene
☐ Espesor D ☒ Eje W18
W18: 303892

Módulo de Reacción de la Subrasante
K: 28700 pci

Resultado
D: 1.54598 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Fuente: Software PavimR,2000

Figura 34: Número Estructural de la Base para pavimento flexible para un periodo de 20 años

Como resultado de los cálculos proporcionados por el software computacional pavimR basado en la ecuación de la normativa AASHTO 93, se tiene los siguientes números estructurales de la Base (SN2), para un periodo de 10 años 1.34 in y para un periodo de 20 años 1.55 in.

• NUMERO ESTRUCTURAL PARA LA CAPA DE RODADURA

El material bituminoso estará constituido por asfalto diluido o emulsiones asfálticas cuyo tipo será fijado en las disposiciones especiales del contrato. La calidad del asfalto diluido deberá cumplir los requisitos determinados en la subsección 810-3 de estas especificaciones. Las emulsiones asfálticas serán de rotura lenta y cumplirán con lo especificado en la subsección 810-4. (Ministerio de Obras Publicas, 2002, pág. 280)

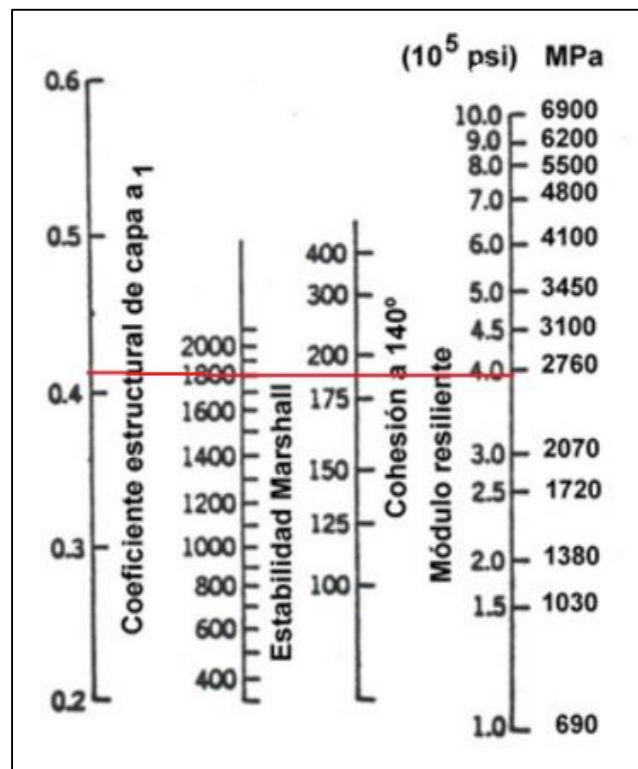
Tabla 48: Criterios de control de calidad de mezclas asfálticas

TIPO DE TRÁFICO	MUY PESADO		PESADO		MEDIANO		LIVIANO	
Criterios Marshall	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
No. de golpes/capa	75		75		75		75	
Estabilidad [lb]	2200	---	1800	---	1200	---	1000	2400
Flujo [in/100]	8	14	8	14	8	16	8	16
- Capa de rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa base	3	9	3	9	3	9	3	9

Fuente: MOP Esp. Generales para la construcción de caminos y puentes, 2002, pág. 105
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Mediante la tabla de criterios de control de calidad de mezclas asfálticas emitida por la MOP, la cual indica valores en función del tipo de tráfico para determinar ciertos parámetros como la estabilidad. En donde para nuestro proyecto se eligió un tráfico pesado correspondiente a una Estabilidad de 1800 lb.

Gracias al valor de la Estabilidad y en función del ábaco indicado en la norma AASHTO 93, se puede obtener un valor de coeficiente estructural para la capa de rodadura como también un Módulo resiliente.



Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 114
Figura 35: Abaco correspondiente para la carpeta asfáltica

Una vez realizado el análisis en función del valor de la Estabilidad Marshall de 1800 lb se tiene un coeficiente estructural para la capa de rodadura de 0.408 y un Módulo Resiliente de 397 000 PSI.

5.2.2 Determinación de los espesores de cada capa.

Una vez que se ha determinado el número estructural de diseño para una estructura de pavimento inicial, es necesario identificar un grupo de espesores de capas de pavimentos, que cuando son combinados proporcionaran la capacidad de carga correspondiente al número estructural de diseño. (Guia AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos, 1993, pág. 169)

La normativa AASHTO propone la siguiente ecuación para el cálculo de los respectivos espesores de superficie, base y sub-base:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 + a_4 * D_4 * m_4 \quad (\text{Ec. 17})$$

$$D_i = \frac{S N_i}{a_i * m_i}$$

Donde:

a_1, a_2, a_3, a_4 : Coeficientes de capa representativos de la capa de rodadura, base, sub-base y mejoramiento.

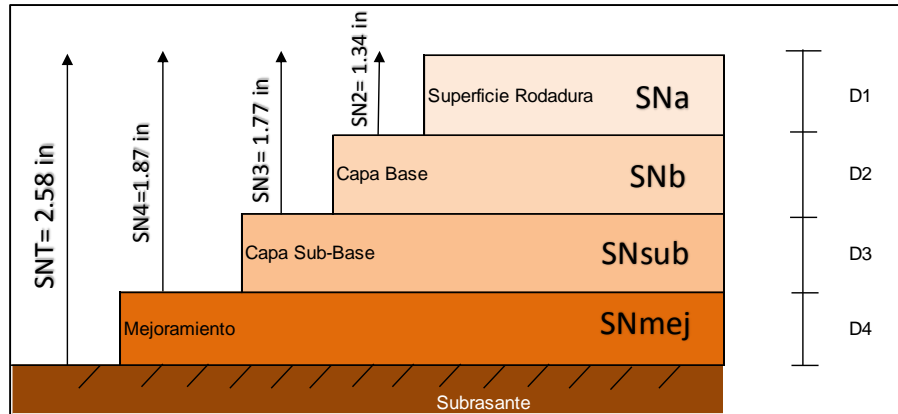
D_1, d_2, d_3, d_4 : Espesor de la capa de rodadura, base, sub-base y mejoramiento

M_2, m_3, m_4 : Coeficientes de drenaje para Base, Sub-Base y mejoramiento

S_n : Numero estructural de la capa de rodadura, base, sub-base y mejoramiento

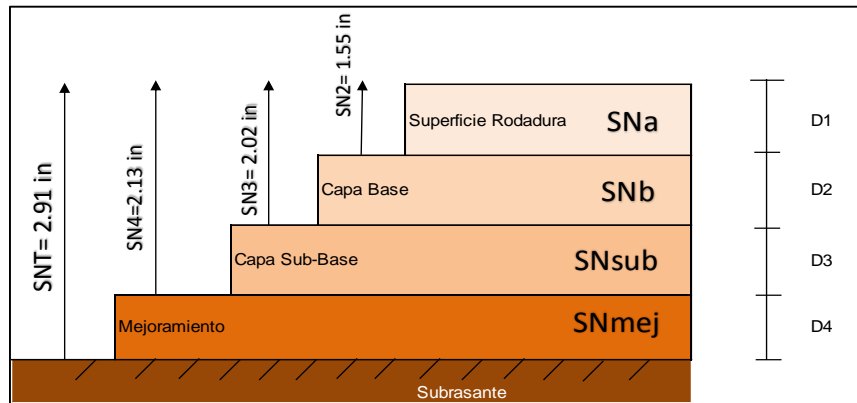
m_i : Coeficientes de Drenaje para Base, sub-base y mejoramiento

a_i : Coeficiente de capa representativos de la capa de rodadura, base, sub-base y mejoramiento.



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 36: Detalle de los números estructurales para un periodo de 10 años



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 37: Detalle de los números estructurales para un periodo de 20 años

Para la determinación de cada uno de los espesores de cálculo SNa , SNb , $SNsub$ y $SNmej$ se lo realizó mediante las siguientes ecuaciones que se presentan a continuación:

$$SNa = SN2 \quad (\text{Ec. 18})$$

$$SNb = SN3 - SN2 \quad (\text{Ec. 19})$$

$$SNsub = SN4 - SN3 \quad (\text{Ec. 20})$$

$$SNmej = SNT - SN4 \quad (\text{Ec. 21})$$

Una vez realizado el análisis de cálculo para cada uno de los espesores, se presenta a manera de resumen los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 49: Espesores de cálculos adoptados en pulgadas para un periodo de 10 años

CAPA	NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)	ESPESOR DE CALCULO (D)	ESPESOR DE CALCULO ADOPTADO (D'')
ASFALTO	1,34	0,408	1,000	3,28	3,30
BASE	0,43	0,135	1,041	3,06	3,00
SUBBASE	0,10	0,11	0,869	1,05	1,10
MEJORAMIENTO	0,71	0,095	0,869	8,60	8,60

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 50: Espesores de cálculos adoptados en pulgadas para un periodo de 20 años

CAPA	NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)	ESPESOR DE CALCULO (D)	ESPESOR DE CALCULO ADOPTADO (D'')
ASFALTO	1,55	0,408	1,000	3,80	3,80
BASE	0,47	0,135	1,041	3,34	3,50
SUBBASE	0,11	0,11	0,869	1,15	1,20
MEJORAMIENTO	0,78	0,095	0,869	9,45	9,50

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

5.2.3 Espesores mínimos en función del SN.

Para poder determinar los espesores de cálculo finales la normativa AASHTO 93 indican valores de espesores mínimos tanto de la carpeta asfáltica y base granular en función del tránsito ESAL's (ejes equivalentes).

Tabla 51: Espesores mínimos (pulgadas)

TRÁFICO, ESAL's	CONCRETO ASFALTICO	BASE DE AGREGADOS
menos de 50,000	1.0 (o tratamiento asfáltico)	4
50,001 - 150,000	2,0	4
150,001 - 500,000	2,5	4
500,001 - 2,000,000	3,0	6
2,000,001 - 7,000,000	3,5	6
mayor de 7,000,000	4,0	6

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 170

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para nuestro proyecto en función de los ejes equivalente ya determinados en el Capítulo III, se tiene que para un periodo de 10 años 139 405 ESAL's y para un periodo de 20 años 303 892 ESALS's.

Por lo cual para un periodo de 10 años en función de la tabla de espesores mínimos de la norma AASHTO 93 se tiene un valor de 2.00 in para la carpeta de concreto asfáltico y 4.00 in para base de agregados y para el periodo de 20 años se tiene un valor de 2.5 in para la carpeta de concreto asfáltico y 4.0 in para base de agregados.

Tabla 52: Espesores finales de cálculo para el pavimento, periodo 10 años

CAPA	ESPESOR DE CALCULO (D)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)	ESPESOR DE CALCULO (cm)	SN PARCIAL
ASFALTO	2,00	0,408	1,000	5,00	0,82
BASE	4,00	0,135	1,041	11,00	0,56
SUBBASE	5,00	0,11	0,869	13,00	0,48
MEJORAMIENTO	10,00	0,095	0,869	25,50	0,83
NUMERO ESTRUCTURAL TOTAL OBTENIDO					2,68
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO					2,58
<u>2.68 > 2.58</u>					<u>OK CUMPLE</u>

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 53: Espesores finales de cálculo para el pavimento, periodo 20 años

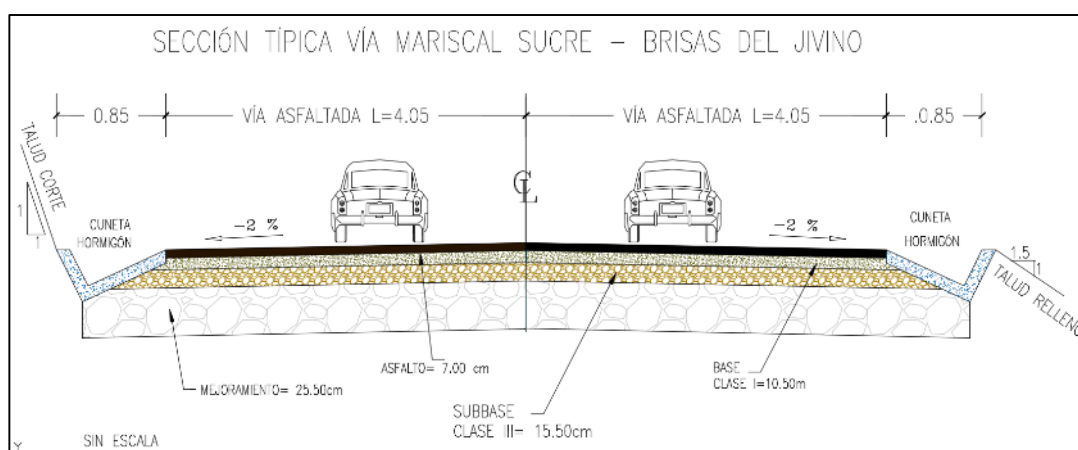
CAPA	ESPESOR DE CALCULO (D)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)	ESPESOR DE CALCULO (cm)	SN PARCIAL
ASFALTO	2,50	0,408	1,000	7,00	1,02
BASE	4,00	0,135	1,041	10,50	0,56
SUBBASE	6,00	0,11	0,869	15,50	0,57
MEJORAMIENTO	10,00	0,095	0,869	25,50	0,83
NUMERO ESTRUCTURAL TOTAL OBTENIDO					2,98
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO					2,91
<u>2.98 > 2.91</u>					<u>OK CUMPLE</u>

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

• ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO PARA EL PAVIMENTO.

Con los resultados anteriores de los espesores finales de cálculo tanto para 10 y 20 años, se tiene un espesor final de cálculo de 54.50 cm entre carpeta asfáltica y base granular para un periodo de 10 años, el cual cumple con la condición de que el número estructural obtenido de 2.68 es mayor al número estructural requerido de 2.58, pero esta opción de diseño solo garantiza para un periodo de 10 años de vida útil.

Por lo tanto se elige como la mejor opción de diseño los valores de espesores para un periodo de 20 años el cual tiene un espesor de 58.50 cm entre carpeta asfáltica y base granular, el cual garantiza un buen comportamiento ante las cargas vehiculares futuras en la vía en estudio, ya que además cumple con la condición que el número estructural obtenido de 2.98 es mayor al número estructural requerido de 2.91, esta opción garantiza la vida útil del pavimento tanto para un periodo de 10 y 20 años.



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 38: Sección típica del diseño de pavimento flexible de la vía Mariscal Sucre – Brisas del Jivino

5.2.4 Especificaciones y cantidades de obra.

Tabla 54: Cantidades de Obra del diseño de pavimento flexible.

Longitud proyecto (km)	Abscisa Inicial (m)	Abscisa Final (m)	Corte (m ³)	Relleno (m ³)
6.18384	0+000.00	6+183.84	21902.57	17173.54
Espesor de Asfalto (cm)	Espesor de Base (cm)	Espesor de Sub- Base (cm)	Espesor de Mejoramiento (cm)	
7.00	10.50	15.50	25.50	
Área de Asfalto (m ²)	Volumen de Base (m ³)	Volumen de Sub-Base (m ³)	Volumen de Mejoramiento (m ³)	
50059.22	6307.46	9311.01	15318.12	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

5.3 Diseño de pavimento rígido por el método AASHTO 1993

5.3.1 Pavimento rígido, hormigón.

- **MODULO DE RUPTURA O RESISTENCIA A LA TRACCION POR FLEXION DEL HORMIGON (Mr O Sc)**

Esta medida controla las fisuras producidas por las cargas de tránsito pesado en el pavimento considerando el criterio de fatiga. Para el diseño del pavimento se considera la resistencia a la flexión, debido a que la resistencia a la compresión y tensión es baja y la resistencia a la flexión producida en el pavimento por efecto de las cargas de tránsito es mayor.

(Vera, 2017, pág. 105)

A continuación, se presenta una tabla con valores del módulo de ruptura recomendados, los cuales se encuentran en función del tipo de vía. Para nuestro proyecto se adoptará un valor de 48 Kg/cm² correspondiente a carreteras.

Tabla 55: Módulo de ruptura en función del tipo de vía

TIPO DE VIA	MR recomendado	
	Kg/cm ²	PSI
Autopistas	48	682,7
Carreteras	48	682,7
Zonas Industriales	45	640,1
Urbanas Principales	45	640,1
Urbanas Secundarias	42	597,4

Fuente: Vera, 2017

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **MODULO ELASTICO DEL HORMIGON (Ec)**

Este parámetro indica tanto la resistencia que tiene el hormigón como la capacidad para distribuir las cargas en el pavimento, el cual se lo puede obtener mediante la siguiente formula:

$$E_c = 12500(f'_c)^{0.5} \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

f'_c : Resistencia a la compresión del hormigón (kg/cm²)

E_c : Modulo Elástico del hormigón (kg/cm³)

El valor de la resistencia a la compresión del hormigón que se adoptará será el mínimo indicado en la normativa del Ministerio de Obras públicas (MOP), el cual indica un valor de 28 MPa, 285.52 kg/cm².

$$E_c = 12500(285.52)^{0.5}$$

$$E_c = 211216.71 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3004207.78 \text{ PSI}$$

• TRANSFERENCIA DE CARGAS (J)

“El coeficiente de transferencia de carga, es un factor usado en el diseño de pavimentos rígidos para tomar en cuenta la habilidad de una estructura de un pavimento de concreto para transferir cargas a través de discontinuidades, tales como juntas o grietas” (Guía AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos, 1993, pág. 155).

Tabla 56: Coeficientes de transferencia de carga recomendados para varios tipos de pavimentos y condiciones de Diseño.

Berma	Concreto	Asfalto	PCC unido	
Dispositivos de Transferencia de cargas	SI	NO	SI	NO
TIPO DE PAVIMENTO				
1. Simple con juntas y refuerzo con juntas	3,2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
2. CRCP	2.9 3.2	N/A	2.3 - 2.9	N/A

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 156.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el estudio se adoptó un valor de 3.2 correspondiente para concreto simple con juntas y refuerzo con juntas.

- **MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)**

“La combinación del módulo de reacción de la sub rasante y la sub base se conoce como módulo de reacción combinado “Kc”, este módulo se determina utilizando un Abaco, con el valor del Módulo Resiliente de la sub rasante, una estimación del Módulo de elasticidad de la sub base y asumiendo un valor del espesor de la sub base” (Vera, 2017, pág. 105).

Es fundamental determinar el módulo Resiliente de la sub rasante, el mismo que en el capítulo IV se llegó a determinar un valor de 5385 PSI, de igual manera se debe determinar un valor del Módulo de Elasticidad de la sub base, la cual se obtiene de la siguiente tabla:

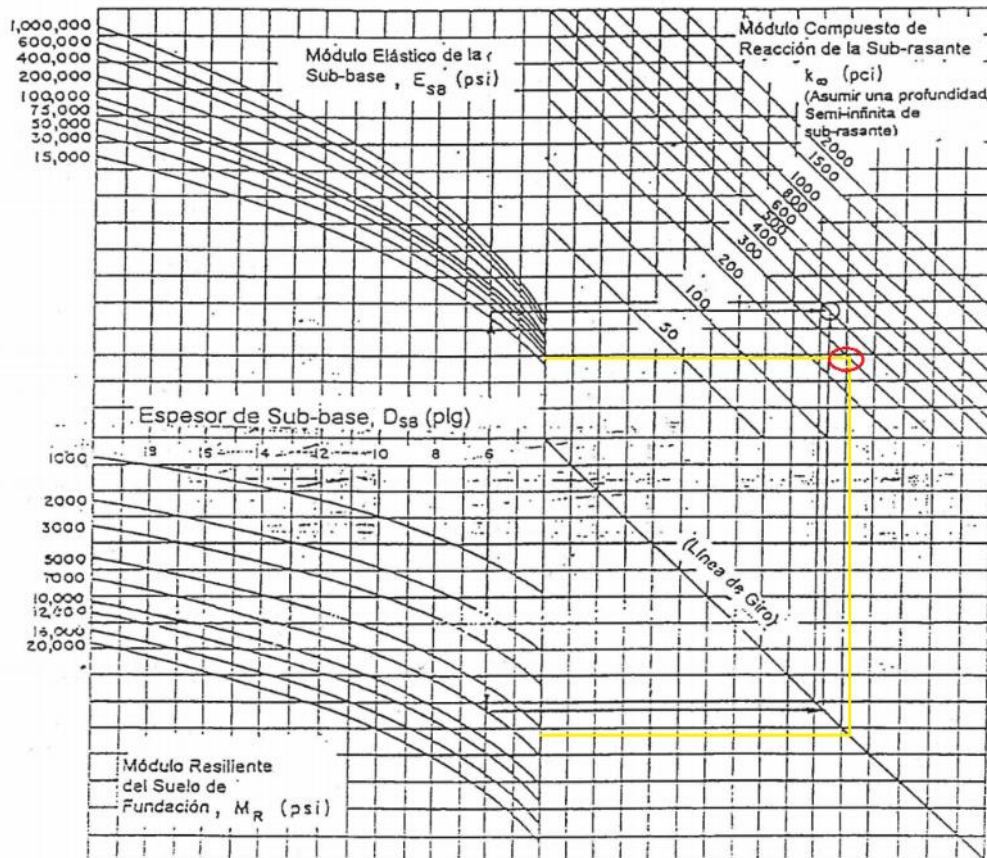
Tabla 57: Valores típicos de módulos de elasticidad de materiales para pavimentos

Material	Rango (kg/cm2)	Típico (kg/cm2)
Concreto hidráulico	200000 - 550000	300000
Concreto asfáltico	15000 - 35000	30000
Base tratada con asfalto	5000 - 30000	10000
Base tratada con cemento	35000 - 70000	50000
Concreto pobre	100000 - 300000	200000
Base granular	1000 - 3500	2000
Subbase granular	800 - 2000	1200
Suelo granular	500 - 1500	1000
Suelo fino	200 - 500	300

Fuente: Vera, 2017.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el presente diseño se tomará el valor de 1200 kg/cm² (17032.22 PSI) correspondiente a un material de Sub base granular, en donde para poder hacer uso del ábaco se adopta un espesor mínimo recomendado para capas de sub base de 10 cm.



Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, pág. 174
 Figura 39: Carta para estimar los módulos de reacción de la sub rasante compuestos, k , asumiendo un espesor Semi-infinito de Sub rasante.

Una vez realizado el análisis para estimar el módulo de reacción de la sub rasante (k) por medio del ábaco correspondiente indicado en la norma AASHTO 93, se obtuvo un valor de $k=300$ PCI.

5.3.2 Determinación de los espesores de cada capa.

- **ESPESOR DE LOSA**

Para la determinación del espesor de la losa, la normativa AASHTO 93 presenta una ecuación en función de los ejes equivalentes, Factor de desviación normal, Desviación Estándar, Espesor de losa, pérdida de serviciabilidad, Modulo de rotura del hormigón, Coeficiente de drenaje, Modulo de Elasticidad del Hormigón, Coeficiente de transferencia de cargas y el módulo de reacción de la sub rasante.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \lg(D+1) - 0,06 + \frac{\lg \frac{\Delta PSI}{4,5-1,5}}{1 + \frac{1,625 \cdot 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t) * \lg \frac{S'_0 C_d (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 J \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{E_c}{K} \right)^{0,25}} \right]} \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde:

W18= Ejes equivalentes estimado para un periodo de vida útil

Zr= Factor de Desviación normal

So= Desviación Estándar de todas las variables

D= Espesor de losa (in)

ΔPSI= perdida de serviciabilidad prevista en el diseño

Pt= Serviciabilidad final

S`c= Modulo de Rotura del hormigón (PSI)

Cd= Coeficiente de drenaje

Ec= Modulo de Elasticidad del hormigón (PSI)

J= Coeficiente de transferencia de cargas

K= Modulo de reacción de la sub rasante (PCI)

Para mayor facilidad en el cálculo del espesor se utilizará para el proyecto un software informático basado en la ecuación AASHTO 93.

Tabla 58: Resumen de los parámetros de la Losa para determinar el número estructural de diseño

Material	Periodo de Diseño (años)	ESALS`s	Confiabilidad (R%)	Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)	Desviación Estándar (So)	Índice de serviciabilidad inicial (Po)	Índice de serviciabilidad final (Pt)	Variación del Índice de serviciabilidad (Δ PSI)	Módulo de reacción de subrasante (k)	Módulo de Rotura (S`c)	Modulo Elástico del Hormigón (Ec)	Coefficiente de transmisión de carga (J)	Coefficiente de drenaje
Losa	10	139405	80	-0,841	0,5	4,5	2	2,5	300	682,7	3004207,78	3,2	1,041
	20	303892	80	-0,841	0,5	4,5	2	2,5	300	682,7	3004207,78	3,2	1,041

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Diseño de Pavimento Rígido
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final
PSI Inicial: 4.5
PSI Final: 2

Confiabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]
Zr: -0.841
So: 0.5

Información Adicional
Módulo de Elasticidad del Concreto Ec [psi]: 3004207.78
Coeficiente de Transmisión de Carga [J]: 3.2
Módulo de Rotura de Concreto Sc [psi]: 682.7
Coeficiente de Drenaje [Cd]: 1.041

Seleccionar dato que tiene
☐ Espesor D ☒ Eje W18
W18: 139405

Módulo de Reacción de la Subrasante
K: 300 pci

Resultado
D: nan plg

pci = Libras /pulgadas^3 [lb/plg^3]
psi = Libras /pulgadas^2 [lb/plg^2]
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Fuente: Software PavimR,2000s

Figura 40: Espesor de la losa para un periodo de 10 años

Diseño de Pavimento Rígido
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final
PSI Inicial: 4.5
PSI Final: 2

Confiabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]
Zr: -0.841
So: 0.5

Información Adicional
Módulo de Elasticidad del Concreto Ec [psi]: 3004207.78
Coeficiente de Transmisión de Carga [J]: 3.2
Módulo de Rotura de Concreto Sc [psi]: 682.7
Coeficiente de Drenaje [Cd]: 1.041

Seleccionar dato que tiene
☐ Espesor D ☒ Eje W18
W18: 303892

Módulo de Reacción de la Subrasante
K: 300 pci

Resultado
D: 3.77457 plg

pci = Libras /pulgadas^3 [lb/plg^3]
psi = Libras /pulgadas^2 [lb/plg^2]
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Fuente: Software PavimR,2000

Figura 41: Espesor de la losa para un periodo de 20 años

Luego del cálculo mediante el software informático se obtuvo un espesor de losa de 3.77, donde se adopta de 5 in mínimo para el presente estudio.

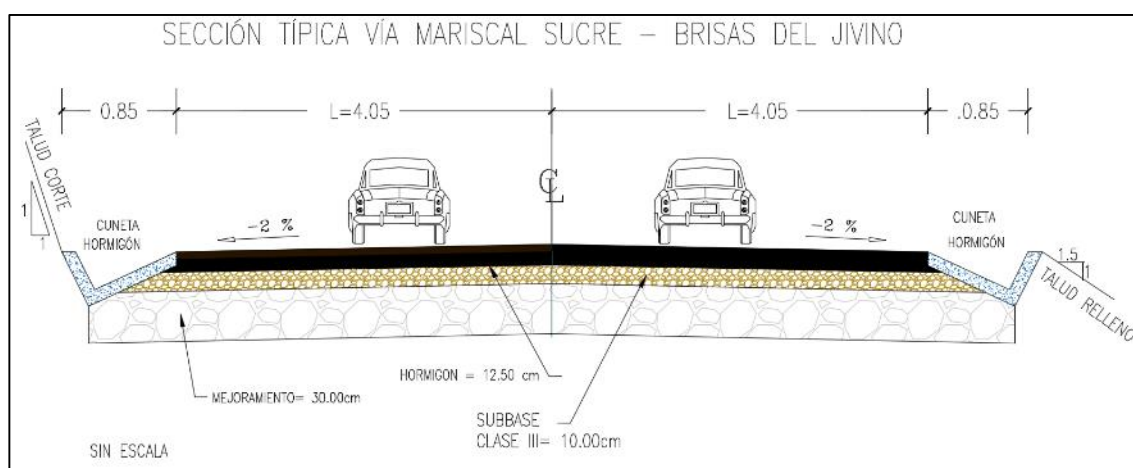
5.3.3 Espesores mínimos en función del SN.

Teniendo en cuenta que el material para la capa de rodadura es hormigón de cemento portland con un espesor de 5 in (12.70 cm) y para la capa de sub base donde se tiene un material Clase III con un espesor de 4 in (10.16 cm) y la capa de mejoramiento de material granular con un espesor de 10 in (25.4 cm), se tiene la siguiente tabla con los valores indicados:

Tabla 59: Espesores de la capa del pavimento rígido

CAPA	MATERIAL	ESPESOR (cm)
Capa de rodadura	Hormigón de cemento portland	12,5
Sub base	Clase III	10
Mejoramiento	Material Granular	30

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 42: Sección típica del diseño de pavimento rígido de la vía Mariscal Sucre – Brisas del Jivino

5.3.4 Especificaciones y cantidades de obra.

Tabla 60: Cantidades de Obra del diseño de pavimento rígido.

Longitud proyecto (km)	Abscisa Inicial (m)	Abscisa Final (m)	Corte (m³)	Relleno (m³)
6.18384	0+000.00	6+183.84	21902.57	17173.54
Espesor de Hormigón (cm)	Espesor de Sub-Base (cm)		Espesor de Mejoramiento (cm)	
12.50	10.00		30.00	
Área de Asfalto (m²)	Volumen de Sub-Base (m³)		Volumen de Mejoramiento (m³)	
50089.10	5008.91		15026.73	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

CAPÍTULO 6

6. DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA

6.1 Generalidades




El diseño geométrico está conformado por el conjunto de 2 alineamientos: alineamiento horizontal y alineamiento vertical, que son líneas rectas unidas mediante diferentes tipos de curvas, las cuales deben cumplir condiciones de tangencia en el plano horizontal.

El diseño debe garantizar el cumplimiento de Normativas Ecuatorianas Vigentes, para este caso MOP 2003, mediante lo cual se espera conseguir una vía que sea completamente funcional, segura, y que represente un beneficio para las comunidades aledañas al menor costo posible de la misma (VER ANEXO N°2 Faja topográfica).

6.2 Descripción actual de la vía

Tabla 61.: Descripción actual de la vía

ILUSTRACION	DESCRIPCION
	La abscisa 0+000 inicia a partir del puente sobre el Río, el tramo anterior a este punto comprende de una vía asphaltada de 6.63 km de 2 carriles.

	<p>El tramo comprende de una vía bidireccional empedrada de ancho variable entre 5 a 7 m, sin espaldones ni cunetas, la cual se encuentra en su mayoría en mal estado, por las condiciones climáticas extremas la capa de rodadura se ha visto afectada, complicando la movilidad de los moradores del sector, que en su mayoría son agricultores.</p>
	<p>En la abscisa se encuentra el cruce del Rio Jivino Rojo, actualmente cuenta con 2 alcantarillas de hormigón amado D=500mm, para el paso de caudales del cauce natural.</p>
	<p>El proyecto vial termina en la abscisa 6+138, ubicada en el inicio del puente sobre el Rio Jivino Verde, el cual es el enlace interprovincial entre Orellana y Sucumbíos.</p>

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

6.3 Criterios de diseño de la vía.

Considerando que se trata de una infraestructura existente, se tratara de ajustar de la mejor manera los parámetros de diseño para aprovechar la infraestructura existente, evitando en lo posible grandes volúmenes de movimiento de tierras y expropiaciones de áreas privadas o públicas.

Las gradientes longitudinales de la vía actual varían entre 1% - 8% catalogando al terreno como Ondulado.

El ancho de calzada actual varía entre 6 a 7 m, comprendida por un carril bidireccional. En cuanto a la sección transversal se adoptará las dimensiones del tramo anterior a la vía para conservar la estética y comodidad de esta.

6.3.1 Velocidad de Diseño.

“La velocidad de diseño se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables, que las características geométricas de la vía predominan” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 174).

“Todos aquellos elementos geométricos de los alineamientos horizontal, de perfil y transversal, tales como radios mínimos, distancias de visibilidad, peraltes, pendientes máximas, anchos de carriles y bermas, anchuras y alturas libres, etc., dependen de la velocidad de diseño y varían con un cambio de ella” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 174).

La selección de la velocidad de diseño depende de la importancia o categoría de la futura carretera, de la configuración topográfica del terreno, de los usos de la tierra, del servicio que se quiere ofrecer, de las consideraciones ambientales, de la homogeneidad a lo largo de la carretera, de las facilidades de acceso (control de

accesos), de la disponibilidad de recursos económicos y de las facilidades de financiamiento.

(Cardenas Grisales, 2013, pág. 175)

En el siguiente cuadro se presenta unos rangos de velocidad de diseño, en función de la categoría de carretera y el tipo de terreno.

Tabla 62: Velocidades de diseño de tramos homogéneos

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Cárdenas Grisales, 2013, pág. 176.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

También es necesario considerar las velocidades de diseño indicadas en la normativa MOP 2003, la cual están en función del TPDA y el tipo de terreno.

Tabla 63: Velocidades de diseño en función del tipo de terreno y TPDA

CATEGORÍA DE LA VÍA	TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h											
		BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
		Relieve Llano				Relieve Ondulado				Relieve Montañoso			
		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes
		Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta
R-I ó R-II (Tipo)	> 8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I Todos	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II Todos	1000-3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III Todos	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV Tipo 5, 5E, 6 y 7	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V 4 y 4E	< 100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 31.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

En base a los criterios indicados en la norma MOP 2003, la vía en estudio se considera de Categoría IV, relieve ondulado, para la cual corresponde una velocidad de diseño absoluta de $V_D = 35 \text{ km/h}$.

6.3.2 Velocidad de circulación.

“La velocidad de circulación es la velocidad real de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera y es igual a la distancia recorrida dividida para el tiempo de circulación del vehículo” (Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 30).

La velocidad de circulación de los vehículos en un camino es una medida de la calidad del servicio que el camino proporciona a los usuarios, por lo tanto, para fines de diseño, es necesario conocer las velocidades de los vehículos que se espera circulen por el camino para diferentes volúmenes de tránsito.

(Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 30)

A continuación, se muestra los valores de velocidad de circulación expuestos por la normativa MOP-2003, en función de la velocidad de diseño.

Tabla 64: Relación entre la velocidad de diseño y velocidad de circulación.

VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN Km/h		
	VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO	VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
35	33	31	30
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	78	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 32.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

6.3.3 Coeficiente de fricción lateral.

“El coeficiente de fricción lateral, está determinado por numerosos factores, entre los cuales se encuentran el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 196).

De conformidad con la normativa AASHTO, el valor del coeficiente de fricción f correspondiente al peralte máximo de una curva viene dado por la siguiente expresión:

$$f = 0.19 - 0.000626V \quad (\text{Ec. 24})$$

Dónde:

V = velocidad de diseño (Km/h)

f = coeficiente de fricción transversal

Entonces para nuestro caso:

$$f = 0.19 - 0.000626V$$

$$f = 0.19 - 0.000626 * 35$$

$$f = 0.168$$

6.3.4 Peralte.

“Existen dos fuerzas que se oponen al deslizamiento lateral de un vehículo, la componente del peso y la fuerza de fricción transversal desarrollada entre las llantas y

el pavimento. Igualmente, para ayudar a evitar este deslizamiento, se acostumbra en las curvas darle cierta inclinación transversal a la calzada. Esta inclinación denominada peralte, se simboliza con la letra e” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 192).

“Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 56).

En consecuencia, para la vía en estudio se adopta un peralte máximo de 8%.

6.3.5 Radio mínimo de curvatura.

El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El empleo de curvas con Radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos. Por lo tanto, la curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento.

(Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 36)

El radio mínimo (R) en condiciones de seguridad puede calcularse según la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

f = Coeficiente de fricción lateral.

e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada).

Entonces para nuestro caso:

$$R = \frac{35^2}{127(e + f)}$$

$$R = \frac{35^2}{127(0.1 + 0.168)}$$

$$\mathbf{R = 36.00\ m}$$

Se puede adoptar el radio mínimo en los siguientes casos:

- Cuando la topografía del terreno es montañosa escarpada.
- En las aproximaciones a los cruces de accidentes orográficos e hidrográficos.
- En intersecciones entre caminos entre sí.
- En vías urbanas.

Adicional, también se considera los radios mínimos de curvatura indicados en la norma MOP-2003.

Tabla 65: Radios mínimos de curva en función del peralte (e) y del coeficiente de fricción lateral (f)

VELOCIDAD (Km/h)	f	RADIO MÍNIMO CALCULADO				RADIO MÍNIMO RECOMENDADO			
		10%	8	6%	4%	10%	8%	6%	4%
20	0.350	-	7	8	8	-	20	20	20
25	0.315	-	13	13	14	-	20	25	25
30	0.284	-	20	21	22	-	25	30	30
35	0.255	-	29	31	33	-	30	35	35
40	0.221	-	42	45	48	-	42	45	50
45	0.206	-	56	60	65	-	58	60	66
50	0.190	-	73	79	86	-	75	80	90
60	0.165	107	116	126	138	110	120	130	140
70	0.150	154	168	184	203	160	170	185	205
80	0.140	210	229	252	280	210	230	255	280
90	0.134	273	298	329	367	275	300	330	370
100	0.130	342	375	414	463	350	375	415	465
110	0.124	425	467	518	581	430	470	520	585
120	0.120	515	567	630	709	520	570	630	710

NOTA:

Se podrá utilizar un radio mínimo de 15m, siempre y cuando se trate de:

- Aprovechar infraestructuras existentes
- Relieve difícil (escarpado)
- Caminos de bajo costo

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 37.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Entonces para una $V_D=35\text{km/h}$, se adopta un radio mínimo de 30 m.

6.3.6 Distancias de visibilidad.

“Una de las características más importantes que deberá ofrecer el trazado de una carretera al conductor de un vehículo es la posibilidad de ver hacia delante, tal que le permita realizar una circulación segura y eficiente” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 358).

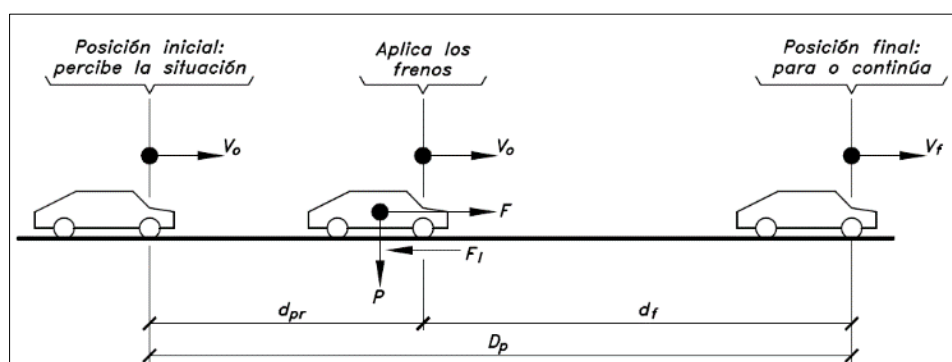
“La distancia de visibilidad se define como la longitud continua de carretera que es visible hacia delante por el conductor de un vehículo que circula por ella” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 358).

6.3.6.1 Distancia de visibilidad de frenado (d).

La distancia de visibilidad de parada es la distancia mínima necesaria para que un conductor que transita a ó cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él. Por lo tanto, es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera. (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 180)

Entonces, la longitud requerida D_p para detener el vehículo en las anteriores condiciones, será la suma de dos distancias: la distancia recorrida durante el tiempo de percepción-reacción d_{pr} y la distancia recorrida durante el frenado d_f .

$$D_p = d_{pr} + d_f \quad (\text{Ec. 26})$$



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013, pág. 359
Figura 43: Distancia de visibilidad de parada

Las expresiones para calcular estas distancias son las siguientes.

$$D_p = d_1 = 0.7V_c \quad (\text{Ec. 27})$$

$$D_f = d_2 = \frac{V_c^2}{254f} \quad (\text{Ec. 28})$$

Donde:

d_1 = distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, expresada en metros.

d_2 = distancia de frenado sobre la calzada a nivel, expresada en metros.

f = coeficiente de fricción longitudinal.

V_c = velocidad de circulación del vehículo, expresada en Km/h.

Según las ecuaciones indicadas por la MOP-2003, se presenta la siguiente tabla de distancias mínimas de frenado

Tabla 66: Distancia de visibilidad mínima de parada de un vehículo, criterio de diseño pavimentos mojados y gradiente horizontal 0%

VELOCIDAD DE DISEÑO VD (KPH)	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN ASUMIDA VC (KPH)	PERCEPCIÓN + REACCIÓN PARA FRENAJE		COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL "f"	DISTANCIA DE FRENAJE "D2"	DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA PARADA (D=D1+D2)	
		TIEMPO (s)	DISTANCIA RECORRIDA "D1" (m)			CALCULADA (m)	REDONDEADA (m)
20	20	2.5	13.89	0.47	3.36	17.25	20
25	24	2.5	16.67	0.44	5.12	21.78	25
30	28	2.5	19.44	0.42	7.29	26.74	30
35	33	2.5	22.92	0.40	10.64	33.56	35
40	37	2.5	25.69	0.39	13.85	39.54	40
45	42	2.5	29.17	0.37	18.53	47.70	50
50	46	2.5	31.94	0.36	22.85	54.79	55
60	55	2.5	38.19	0.35	34.46	72.65	70
70	63	2.5	43.75	0.33	47.09	90.84	90

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 186.

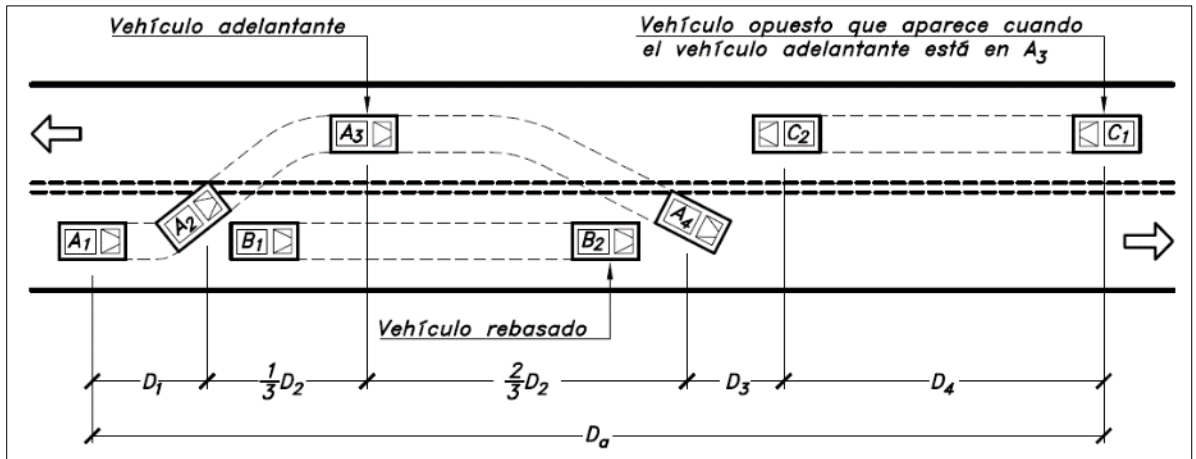
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Por lo tanto, se adopta una distancia de visibilidad para parada de **35m**.

6.3.7 Distancia de Rebasamiento.

“La distancia de visibilidad para el rebasamiento se determina en base a la longitud de carretera necesaria para efectuar la maniobra de rebasamiento en condiciones de seguridad” (Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 192).

La distancia mínima de visibilidad de rebasamiento se determina con la suma de cuatro distancias que se presentan en la siguiente figura:



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013, pág. 368.

Figura 44: Distancia de visibilidad de adelantamiento en carreteras de dos carriles de dos sentidos

$$d_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (\text{Ec. 29})$$

Donde:

d_1 = distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo de percepción/reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera.

d_2 = distancia recorrida por el vehículo rebasante durante el tiempo que ocupa el carril izquierdo.

d_3 = distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra. Asumir de 30 m a 90 m.

d_4 = distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo; es decir, $2/3$ de d_2 . Se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto es igual a la del vehículo rebasante.

Las distancias parciales anteriormente indicadas se calculan por las siguientes fórmulas:

$$d_1 = 0.14 * t_1(2V - 2m + a * t_1) \quad (\text{Ec. 30})$$

$$d_2 = 0.28V * t_2 \quad (\text{Ec. 31})$$

$$d_3 = 0.187 * V * t_2 \quad \text{ó} \quad 30 \text{ m a } 90 \text{ m} \quad (\text{Ec. 32})$$

$$d4 = 0.18V * t2 \quad (\text{Ec. 33})$$

Donde:

$d1, d2, d3, d4$ = Distancias [m]

$t1$ = Tiempo de la maniobra inicial [s]

$t2$ = Tiempo durante el cual el vehículo rebasante ocupa el carril del lado izq. [s]

V = Velocidad promedio del vehículo rebasante [Km/h]

m = Diferencia de velocidades entre el vehículo rebasante y el rebasado [Km/h]

a = Aceleración promedio del vehículo rebasante [kph/s]

Según las ecuaciones indicadas por la MOP-2003, se presenta la siguiente tabla de distancias mínimas de rebasamiento.

Tabla 67: Distancias mínimas de visibilidad y velocidades de los vehículos rebasados y rebasante

VD [Km/h]	VELOCIDADES DE LOS VEHÍCULOS [Km/h]		DISTANCIA MÍNIMA DE REBASAMIENTO [m]	
	Rebasado	Rebasante	Calculada	Recomendada
25	24	40	- - -	(80)
30	28	44	- - -	(110)
35	33	49	- - -	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

NOTAS:

"*" Valor utilizado con margen de seguridad por sobrepasar la velocidad de rebasamiento los 100 kph

() Valores utilizados para caminos vecinales.

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 197.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Por lo tanto, se adopta una longitud mínima de rebasamiento de **130m**.

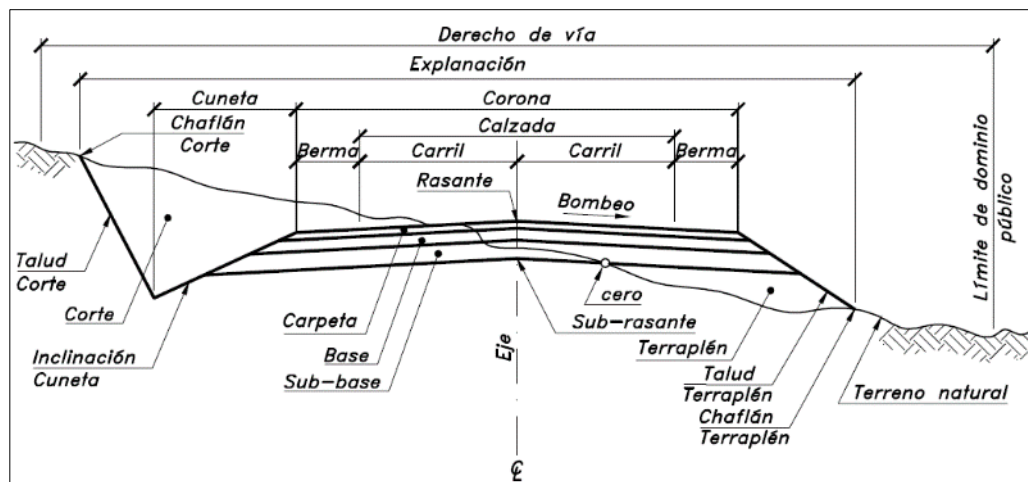
6.4 Sección Transversal

“El diseño geométrico transversal de una carretera consiste en la definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con

el terreno natural. De esta manera, se podrá fijar la rasante y el ancho de la faja que ocupará la futura carretera, y así estimar las áreas y volúmenes de tierra a mover” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 405).

El ancho de la sección transversal típica está constituido por el ancho de:

- a. Pavimento.
- b. Espaldones.
- c. Taludes interiores.
- d. Cunetas.



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013, pág. 406.

Figura 45: Sección transversal típica mixta, pavimentada en recta

6.4.1 Calzada o Pavimento.

“La calzada o superficie de rodamiento, es aquella parte de la sección transversal destinada a la circulación de los vehículos, constituida por uno o más carriles para uno o dos sentidos. Cada carril tendrá un ancho suficiente para permitir la circulación de una sola fila de vehículos” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 406).

Tabla 68: Valores de diseño para el ancho del pavimento en función de los volúmenes de tráfico, para el Ecuador

ANCHOS DE LA CALZADA		Ancho de la Calzada (m)	
CLASE DE CARRETERA		Recomendable	Absoluto
R-I o R-II > 8000	TPDA	7.30	7.30
I 3000 a 8000	TPDA	7.30	7.30
II 1000 a 3000	TPDA	7.30	6.50
III 300 a 1000	TPDA	6.70	6.00
IV 100 a 300	TPDA	6.00	6.00
V Menos de 100	TPDA	4.00	4.00

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 227.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Por lo tanto, se podría adoptar un ancho de calzada de 6.00m, sin embargo, para mantener la sección del tramo anterior, se ajusta a un ancho de calzada de 6.90m, considerando 2 carriles de 3.45m cada uno.

6.4.2 Espaldones.

“Contiguo a la calzada se encuentran los espaldones, que son fajas comprendidas entre las orillas de la calzada y las líneas definidas por los hombros de la carretera. Las bermas sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento, controlan la humedad y las posibles erosiones de la calzada” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 407).

Las principales funciones de los espaldones según la (Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003), son los siguientes.

- Provisión de espacio para el estacionamiento temporal de vehículos fuera de la superficie de rodadura fija, a fin de evitar accidentes.
- Provisión de una sensación de amplitud para el conductor, contribuyendo a una mayor facilidad de operación, libre de tensión nerviosa.
- Mejoramiento de la distancia de visibilidad en curvas horizontales.
- Provisión de espacio para la colocación de señales

- La descarga del agua se escurre por la superficie de rodadura está alejada del borde del pavimento, reduciendo al mínimo la infiltración y evitando así el deterioro y la rotura de este.

Tabla 69: Ancho de espaldones, en relación con el tipo de carretera, recomendado para el Ecuador

VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES (m)						
Clase de Carretera	Ancho de espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)
R-I o R-II > 8000	3.0 *	3.0 *	2.5*	3	3.0 *	2.0 *
I 3000 a 8000 TPDA	2.5*	2.5*	2.0 *	2.5 **	2.0 **	1.5 **
II 1000 a 3000 TPDA	2.5*	2.5*	1.5 *	2.5	2.0	1.5
III 300 a 1000 TPDA	2.0 **	1.5 **	1.0 *	1.5	1.0	0.5
IV 100 a 300 TPDA	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
V Menos de 100 TPDA	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal)					
	L= Terreno Llano	O=Terreno Ondulado	M=Terreno Montañoso			

* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse concreto asfáltico.

** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente.

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 233.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Por lo tanto, se adopta un ancho de espaldón de 0.60m.

6.4.3 Taludes.

“Son las superficies laterales inclinadas que limitan la explanación. Si la sección es en corte, el talud empieza enseguida de la cuneta. Si la sección es en terraplén, el talud se inicia en el borde de la berma” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 409).

En terrenos planos, donde la excavación y el relleno constituyen relativamente un pequeño porcentaje dentro del costo de construcción, se recomiendan taludes para corte y para relleno, como se indica en el siguiente cuadro.

Tabla 70: Valores de diseño recomendables de los taludes en terrenos planos

**VALORES DE DISEÑO RECOMENDABLES DE
LOS TALUDES EN TERRENOS PLANOS**

CLASE DE CARRETERA		TALUD	
		CORTE	RELLENO
R-I o R-II >	TPDA	3:1 * **	4:1
I 3000 a 8000	TPDA	3:1	4:1
II 1000 a 3000	TPDA	2:1	3:1
III 300 a 1000	TPDA	2:1	2:1
IV 100 a 300	TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1
V Menos de 100	TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 235.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Por lo cual se adopta la siguiente relación para los taludes;

Talud en corte: 1:1

Talud en relleno: 1.5:1

6.4.4 Cunetas.

“Las cunetas son zanjas, revestidas o no, construidas paralelamente a las bermas, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 409).

Para el presente proyecto se adopta la dimensión establecida por el GAPO en el tramo anterior, siendo este un ancho de $a=0.85\text{m}$, para el cual se deberá verificar el comportamiento hidráulico adecuado.

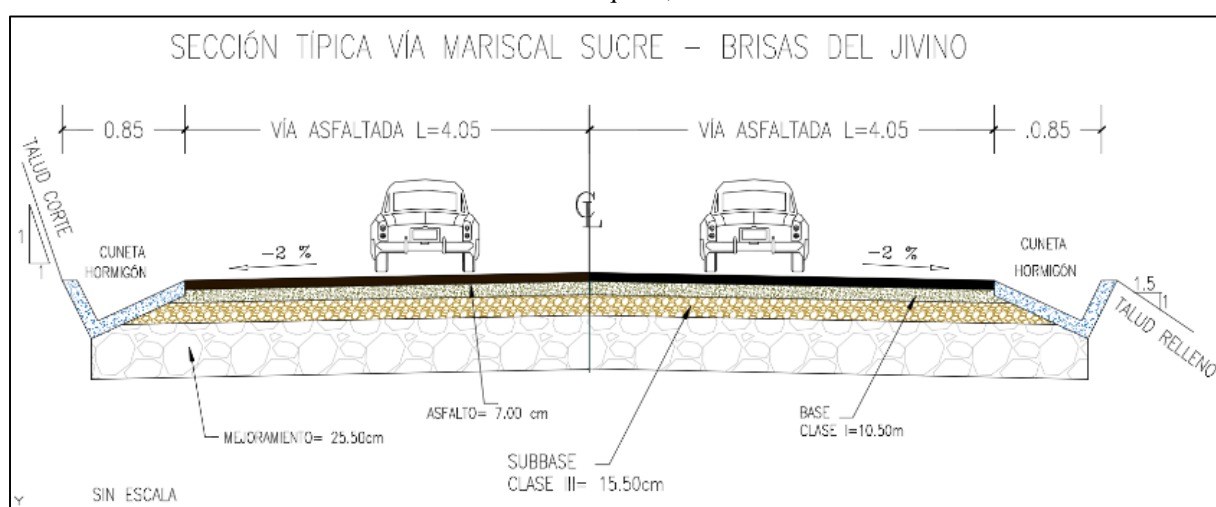
6.4.5 Sección típica adoptada.

En base a los criterios precedentes, se adopta una sección transversal típica conforme al siguiente esquema (VER ANEXO N°5 Secciones transversales de la vía).

Tabla 71: Elementos de sección adoptada.

Sección Típica Adoptada	
Ancho de calzada (m)	6.9
Número de carriles (u)	2
Ancho de carril (m)	3.45
Cuneta para corte (m)	0.85
Cuneta para relleno (m)	0.85
Pendiente transversal (%)	2
Ancho espaldón (m)	0.6
Ancho total de calzada(m)	9.80

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 46: Sección transversal adoptada

6.5 Diseño Horizontal.

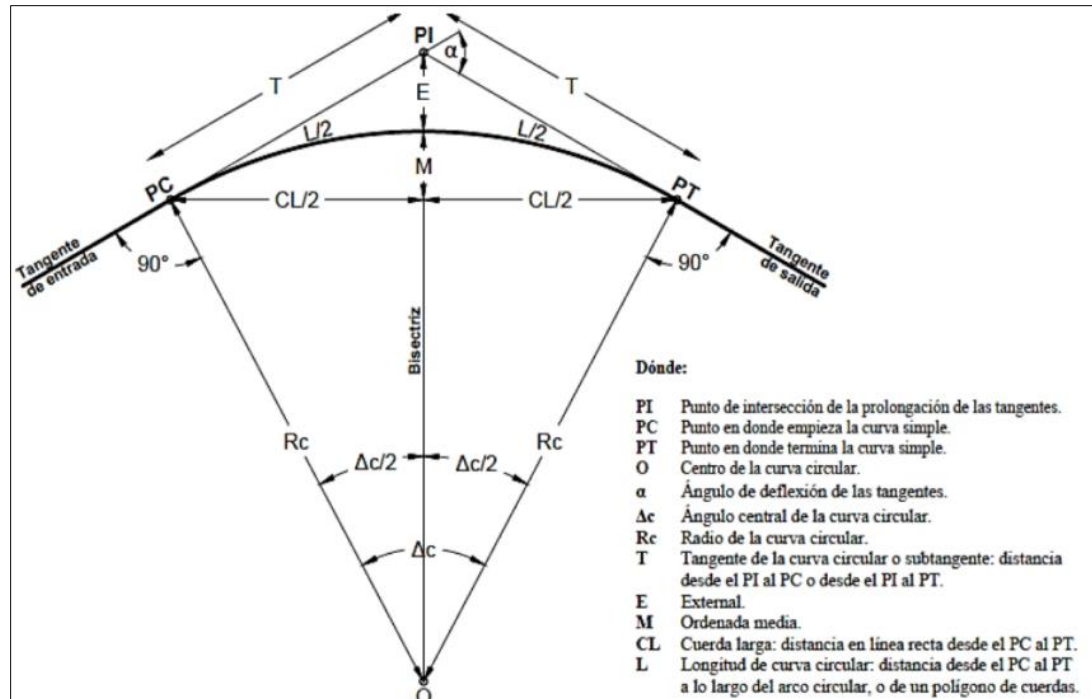
“El alineamiento horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que integran esta proyección son las tangentes y las curvas, sean estas circulares o de transición” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 35).

6.5.1 Curvas circulares.

“Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 36).

6.5.2 Curva circular simple.

“Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 38).

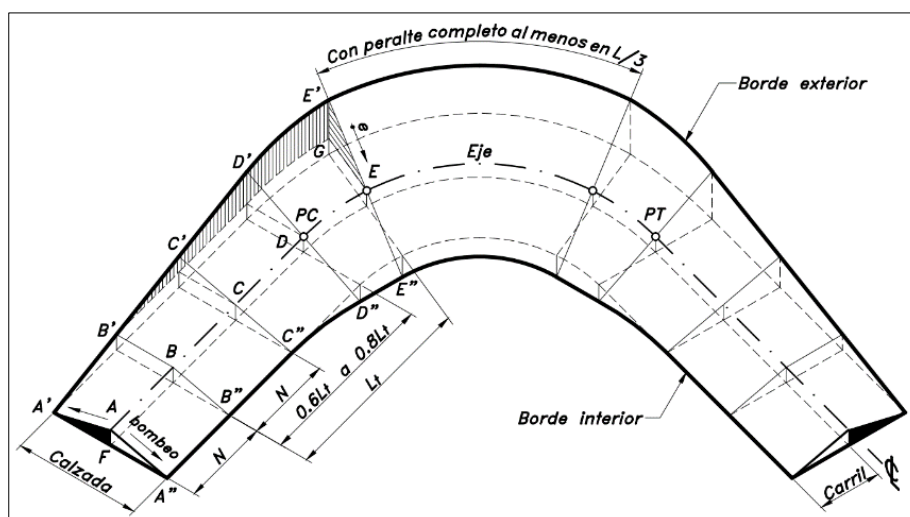


Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 38.

Figura 47: Elementos geométricos que conforman una curva circular simple

6.5.3 Transición del peralte.

“Para pasar de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte, es necesario realizar un cambio de inclinación de la calzada. Este cambio no puede realizarse bruscamente, sino gradualmente a lo largo de la vía entre este par de secciones. A este tramo de la vía se le llama transición de peraltado” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 199).



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013, pág. 201.

Figura 48: Transición del peralte

Donde:

- L_t = Longitud de transición.
- N = Longitud de aplanamiento.
- L = Longitud de la curva circular.
- e = Peralte necesario de la curva circular.

Los valores recomendados de las gradientes longitudinales “i” para el desarrollo del peralte se ubican en el siguiente cuadro.

Tabla 72: Gradiente longitudinal recomendada para el desarrollo del peralte

GRADIENTE LONGITUDINAL (i) NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL PERALTE		
Vd (Km/h)	Valor de (i), %	MÁXIMA PENDIENTE EQUIVALENTE
20	0.800	1:125
25	0.775	1:129
30	0.750	1:133
35	0.725	1:138
40	0.700	1:143
50	0.650	1:154
60	0.600	1:167
70	0.550	1:182
80	0.500	1:200
90	0.470	1:213
100	0.430	1:233
110	0.400	1:250
120	0.370	1:270

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 59.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

La longitud de transición y la longitud de aplanamiento viene dado por las siguientes expresiones:

$$L_t = \frac{b * e}{2 * i} \qquad N = \frac{b * P}{2 * i} \qquad (\text{Ec. 34})$$

Dónde:

L_t = Longitud de transición [m].

N = Longitud de aplanamiento [m].

e = Peralte necesario de la curva circular [%].

i = Gradiente de borde [%].

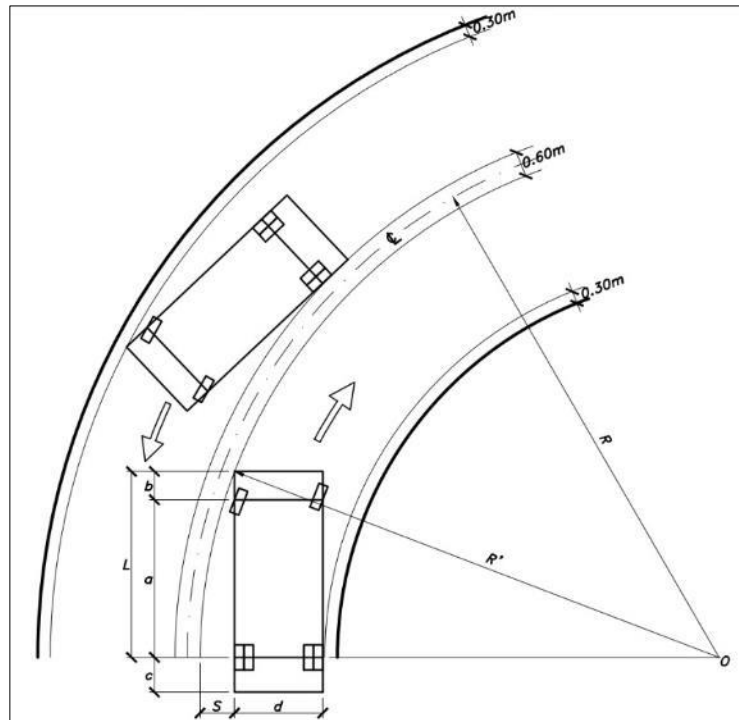
b = Ancho de calzada [m]

P = Pendiente transversal del camino (2%)

$$\begin{aligned} L_t &= \frac{b * e}{2 * i} & N &= \frac{b * P}{2 * i} \\ L_t &= \frac{6.90 * 8\%}{2 * 0.725} & N &= \frac{6.90 * 2\%}{2 * 0.725} \\ L_t &= 39.17 \text{ m} & N &= 9.79 \text{ m} \end{aligned}$$

6.5.4 Sobreanchos.

En el diseño horizontal se incluye los sobreanchos con el propósito de que las condiciones de operación de los vehículos en las curvas sean muy similares a las de en recta, la calzada en las curvas debe ensancharse, con el objeto de asegurar espacios libres adecuados entre los vehículos que se encuentran en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre el vehículo y el borde de la calzada. (Cardenas Grisales, 2013, pág. 410)



Fuente: Cárdenas Grisales, 2013, pág. 412.

Figura 49: Sobreebanco en las curvas

Una de las expresiones recomendadas por la MOP 2003, es la siguiente:

$$S1 = \frac{0.105V}{\sqrt{R}} \quad (\text{Ec. 35})$$

Donde:

- R= Radio de la curva, m
- A= Ancho del vehículo, m
- S= sobreebanco, m
- V= Velocidad de diseño, Km/h

Tabla 73: Sobreebanco calculados para el proyecto

Velocidad de diseño (km/h)	Radio (m)	Sobreebanco (m)
35.00	15.00	0.95
35.00	30.00	0.67

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

“Por razones de costo se establece el valor mínimo de diseño del sobreancho igual a 30 cm para velocidades de hasta 50 Km/h y de 40 cm para velocidades mayores. En los cuadros correspondientes se indican los diversos valores de variación de los valores del sobreancho en función de la velocidad, el radio y del vehículo de diseño” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 71).

6.5.5 Resumen de diseño Horizontal.

Tabla 74: Resumen de diseño horizontal

ELEMENTO GEOMETRICO	NORTE (m)	ESTE (m)	RADIO (m)	DEFLEXION (Δ)	LONGITUD (m)	PC (m)	PT (m)
C1	9968506.32	299889.05	40.00	43° 09' 51.7"	30.13	0+036.50	0+066.63
C2	9968495.59	299968.79	200.00	6° 38' 43.0"	23.20	0+119.66	0+142.85
C3	9968469.88	300069.61	350.00	13° 02' 08.2"	79.63	0+195.30	0+274.93
C4	9968403.21	300198.53	505.00	7° 55' 23.2"	69.83	0+345.11	0+414.95
C5	9968358.79	300324.53	130.00	32° 58' 20.2"	74.81	0+475.10	0+549.91
C6	9968465.05	300765.35	135.00	21° 59' 28.6"	51.82	0+938.65	0+990.46
C7	9968528.76	300854.52	195.00	23° 26' 51.8"	79.80	1+033.36	1+113.16
C8	9968589.05	301135.88	515.00	4° 10' 54.0"	37.59	1+341.64	1+379.22
C9	9968615.24	301225.55	355.00	5° 52' 14.9"	36.37	1+435.64	1+472.01
C10	9968631.03	301311.53	530.00	4° 11' 27.8"	38.77	1+521.83	1+560.60
C11	9968706.81	301602.52	425.00	17° 26' 58.7"	129.44	1+776.68	1+906.11
C12	9968699.15	301756.20	115.00	45° 54' 07.3"	92.13	1+946.07	2+038.20
C13	9968768.49	301830.42	65.00	23° 35' 52.5"	26.77	2+077.49	2+104.26
C14	9968857.73	302083.11	580.00	9° 31' 46.4"	96.47	2+310.32	2+406.78
C15	9968892.63	302282.61	980.00	10° 02' 05.1"	171.64	2+474.93	2+646.57
C16	9968891.14	303045.26	15.00	76° 28' 20.1"	20.02	3+311.36	3+331.38
C17	9968834.16	303058.85	15.00	76° 05' 52.1"	19.92	3+366.40	3+386.32
C18	9968833.19	303173.09	15.00	107° 40' 31.0"	28.19	3+468.30	3+496.49
C19	9968587.53	303092.50	80.00	47° 45' 27.1"	66.68	3+699.09	3+765.78
C20	9968422.33	303186.34	510.00	5° 22' 59.5"	47.92	3+896.38	3+944.29
C21	9968213.76	303280.13	200.00	20° 07' 03.7"	70.22	4+113.52	4+183.75
C22	9968111.20	303380.32	200.00	11° 55' 27.3"	41.62	4+270.76	4+312.38
C23	9968028.04	303504.79	200.00	8° 19' 37.3"	29.07	4+426.64	4+455.71
C24	9967881.11	303667.56	300.00	20° 19' 46.7"	106.45	4+606.63	4+713.08
C25	9967722.14	304066.18	200.00	23° 55' 10.2"	83.49	5+046.08	5+129.57
C26	9967744.18	304646.09	180.00	17° 54' 04.7"	56.24	5+639.18	5+695.42
C27	9967773.05	304725.08	150.00	13° 28' 45.6"	35.29	5+733.44	5+768.73
C28	9967785.82	304835.52	315.00	4° 19' 21.9"	23.77	5+850.30	5+874.07
C29	9967818.28	305003.75	230.00	9° 54' 19.8"	39.76	6+013.58	6+053.34
C30	9967820.42	305124.50	85.00	41° 58' 50.5"	62.28	6+121.56	6+183.84

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

6.6 Diseño vertical

“El perfil vertical de una carretera es tan importante como el alineamiento horizontal y debe estar en relación directa con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 204).

6.6.1 Gradientes.

“En general, las gradientes a adoptarse dependen directamente de la topografía del terreno y deben tener valores bajos, en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 204).

6.6.1.1 Gradientes Máximas.

La pendiente máxima es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Su valor queda determinado por el volumen de tránsito futuro y su composición, por la configuración o tipo de terreno por donde pasará la vía y por la velocidad de diseño. En las carreteras terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre 20 y 60 Km/h, en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y sobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes. (Cardenas Grisales, 2013, pág. 309)

La gradiente máxima para el presente proyecto se determina mediante la siguiente tabla:

Tabla 75: Gradientes medias máximas a adoptarse

VALORES DE DISEÑO DE LAS GRADIENTES LONGITUDINALES MÁXIMAS				(Porcentaje)			Valor Absoluto		
Clase de Carretera				Valor Recomendable					
				L	O	M	L	O	M
R - Io	R - II	>	8.000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3.000	a	8.000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1.000	a	3.000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300	a	1.000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100	a	300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos de		100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 204.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

La gradiente y longitud máximas pueden adaptarse a los siguientes valores:

Para gradientes del:

- 8-10%, La longitud máxima será de: 1.000 m.
- 10-12%, 500 m.
- 12—14%, 250 m.

En longitudes cortas menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.

(Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 469)

De lo descrito anteriormente se define que la gradiente longitudinal máxima para el presente proyecto es del 9%.

6.6.1.2 Gradientes Mínimas.

“La gradiente longitudinal mínima usual es de 0,5 por ciento. Se puede adoptar una gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada

para drenar lateralmente las aguas de lluvia” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 205).

6.6.2 Curvas verticales.

“Una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 313).

La normativa MOP 2003, recomienda tomar en consideración los siguientes aspectos:

- “Se deben evitar los perfiles con gradientes reversas agudas y continuadas, en combinación con un alineamiento horizontal en su mayor parte en línea recta, por constituir un serio peligro; esto se puede evitar introduciendo una curvatura horizontal o por medio de pendientes más suaves, las que significan mayores cortes y rellenos” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 214).
- “Deben evitarse perfiles que contengan dos curvas verticales de la misma dirección entrelazadas por medio de tangentes cortas” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 214).
- “En ascensos largos, es preferible que las gradientes más empinadas estén colocadas al principio del ascenso y luego se las suavice cerca de la cima; también es preferible emplear un tramo de pendiente máxima, seguido por un tramo corto de pendiente suave en el cual los vehículos pesados pueden aumentar en algo su velocidad, después del cual sigue otra vez un nuevo tramo con pendiente máxima, en vez de proyectar un tramo largo de una sola pendiente, aunque ésta sea algo más suave. Esto es particularmente

aplicable a carreteras de baja velocidad de diseño” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 214).

- “En la selección de la curva vertical a emplearse en un enlace determinado se debe tener en cuenta la apariencia estética de la curva y los requisitos para drenar la calzada en forma adecuada” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 215).

6.6.2.1 Curvas verticales convexas.

“La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros” (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 208).

La longitud de una curva vertical convexa mediante su ecuación equivalente:

$$L = k * A \quad (\text{Ec. 36})$$

Dónde:

L= longitud de la curva vertical convexa, (m).

k = coeficiente en función de la velocidad de diseño

A = diferencia algébrica de las gradientes, (%).

El valor k de diseño para las curvas verticales convexas, se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 76: Valores de K para las diferentes velocidades de diseño

CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS			
Velocidad de diseño Kph	Distancia de Visibilidad para parada "s" (m)	Coefficiente	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.10	7
60	70	11.50	12
70	90	19.01	19
80	110	28.40	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 210.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

La longitud mínima de las curvas verticales convexas, expresada en metros, se determina por la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0.60V \quad (\text{Ec. 37})$$

Donde:

L min = longitud mínima de curvas [m]

V = velocidad de diseño [Km/h]

Para el caso del presente proyecto.

$$L_{min} = 0.60 * 35$$

$$L_{min} = 21.00 \text{ m}$$

6.6.2.2 Curvas verticales cóncavas.

“Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo” (Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 211).

El valor k de diseño para las curvas verticales cóncavas, se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 77: Valores de K para las diferentes velocidades de diseño

CURVAS VERTICALES CONCAVAS MÍNIMAS			
Velocidad de diseño Kph	Distancia de Visibilidad para parada "s" (m)	Coefficiente	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23,87	24
90	135	30,66	31
100	160	37,54	38
110	180	43,09	43
120	220	54,26	54

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003, pág. 212.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

La longitud mínima de las curvas verticales cóncavas corresponde a la misma longitud calculada para el caso de las curvas convexas.

$$L_{min} = 21.00 \text{ m}$$

6.6.3 Resumen de diseño vertical

Tabla 78: *Resumen de diseño vertical*

PVI	ABSCISA (m)	COTA (msnm)	LC (m)	RADIO (m)	K	e (m)
1	0+127.34	260.00	80.00	1617.02	16.17	0.495
2	0+445.74	265.27	50.00	3709.97	37.1	0.084
3	0+561.09	268.738	50.00	1410.93	14.11	0.221
4	0+827.28	267.30	50.00	3570.71	35.71	0.088
5	01+080.98	269.48	50.00	2894.62	28.95	0.108
6	01+387.44	266.83	50.00	2888.79	28.888	0.108
7	01+687.87	269.42	80.00	952.30	9.523	0.840
8	01+929.87	251.18	110.00	708.52	7.085	2.135
9	02+105.11	265.18	80.00	1110.61	11.106	0.720
10	02+439.87	267.81	50.00	3848.06	38.48	0.081
11	02+975.47	265.06	50.00	4529.99	45.3	0.069
12	03+320.26	267.09	50.00	4122.00	41.22	0.076
13	03+812.43	264.02	50.00	3669.09	36.69	0.085
14	04+163.38	266.61	80.00	5263.13	52.63	0.152
15	04+390.08	264.85	50.00	3665.78	36.66	0.085
16	04+726.52	266.81	50.00	4281.75	42.817	0.073
17	05+088.19	264.70	80.00	4360.55	43.61	0.183
18	05+302.48	267.37	80.00	3726.47	37.26	0.215
19	05+678.77	264.00	80.00	1538.91	15.389	0.520
20	05+972.35	246.11	80.00	1637.43	16.37	0.489
21	06+106.84	244.48	50.00	1651.08	16.51	0.189

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

6.7 Movimiento de tierra.

“El Método de los Perfiles Transversales es uno de los más utilizados para el cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras, el cual se basa en la fórmula de Simpson para el cálculo del prisma que se genera entre dos secciones transversales” (Guevara, 2015, pág. 42).

“Los perfiles transversales se obtendrán una vez realizado tanto el diseño horizontal como el vertical, los mismos que son perpendiculares a las líneas de tangentes y concéntricos en el caso de las curvas; además estos perfiles pueden ser de corte, terraplén o las distintas combinaciones entre ellos por lo que estos nos dan una

referencia sobre la forma del terreno y están compuestas de dos partes: terreno y rasante” (Guevara, 2015, pág. 50) (VER ANEXO N° 6 Volúmenes de corte y relleno)

La expresión para utilizar es la siguiente:

$$Vp = \frac{1}{2}(A1 + A2) * L \quad (\text{Ec. 38})$$

Dónde:

- Vp = Volumen del prisma (m3)
- $A1$ = Área #1 de la primera sección transversal (m2)
- $A2$ = Área #2 de la segunda sección transversal (m2)
- L = Distancia entre secciones transversales (m)

6.7.1 Especificaciones y cantidades de obra.

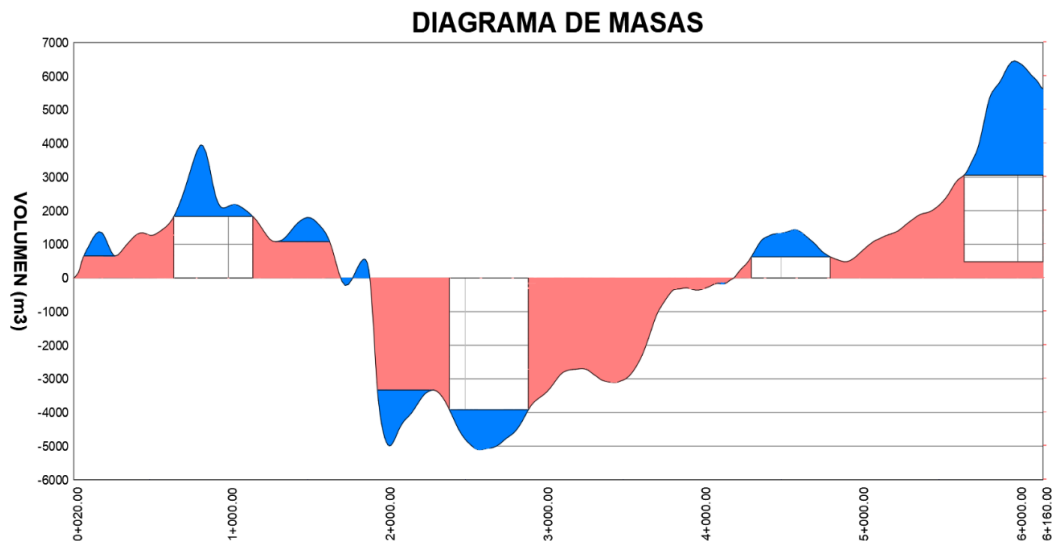
Tabla 79: Volúmenes de corte y relleno

KILOMETRO	CORTE	RELLENO	CURVA MASA (A-B) (m3)
	ACUMULADO (A) (m3)	ACUMULADO (A) (m3)	
K 0-1	5044.81	2913.25	2131.56
K 1-2	6773.19	11653.09	-4879.90
K 2-3	10255.06	13714.50	-3459.44
K 3-4	14273.89	14609.36	-335.47
K 4-5	16609.09	15865.51	743.58
K 5-6	25888.41	16169.14	9719.27
K 6 -F	22744.44	17145.45	5598.99

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

6.7.2 Curva de masas.

“El diagrama de masas es la representación gráfica del volumen de tierra a mover y de las distancias a que hay que transportarlo, en un tramo determinado de la carretera en construcción. Técnicamente es una curva o gráfico, en el que las distancias horizontales (abscisas) representan las estaciones de la carretera y las distancias verticales (ordenadas) indican las sumas algebraicas de los volúmenes acumulados de los cortes y terraplenes, a partir de un punto origen en el perfil longitudinal de la carretera” (Cardenas Grisales, 2013, pág. 463).



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 50: Diagrama de curva de masas del proyecto Mariscal Sucre – Brisas del Jivino

CAPÍTULO 7

7. DISEÑO HIDRÁULICO

El drenaje del agua de los pavimentos ha sido siempre una consideración importante en el diseño de carreteras; sin embargo, los métodos corrientes de diseño han resultado a menudo en capas de base que no drenan bien. Este exceso de agua combinada con volúmenes y cargas de tráfico crecientes, han llevado a menudo al destrozo prematuro de la estructura del pavimento. (Guía AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos, 1993, pág. 56).

7.1 Alcance

El presente estudio tiene como objetivo el análisis, verificación y diseño de las obras de drenaje existentes en la vía en estudio, para lo cual es fundamental realizar una recopilación de la información tanto hidrológica como hidráulica de la zona mediante los registros de datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

El estudio Hidrológico nos permitirá determinar el caudal para los respectivos diseños de las obras de drenaje, las mismas que permitirán mantener la vida útil de una estructura o infraestructura mediante la captación del escurrimiento superficial y sub superficial, la conducción de este y la descarga a cauces naturales mediante estructuras de acondicionamiento en la entrega final.

Es importante indicar que, para el diseño de las cunetas, únicamente se tomara en cuenta el escurrimiento que se origina sobre la calzada, ya que debido al tipo de terreno del sector que es llano, no se cuenta con laderas a lo largo del eje de la vía por lo cual para el diseño se va a considerar como una vía en terraplén o relleno.

Como se indicó anteriormente se realizará el análisis el funcionamiento de las alcantarillas existentes en la vía, verificando el diámetro y su eficiencia hidráulica, en

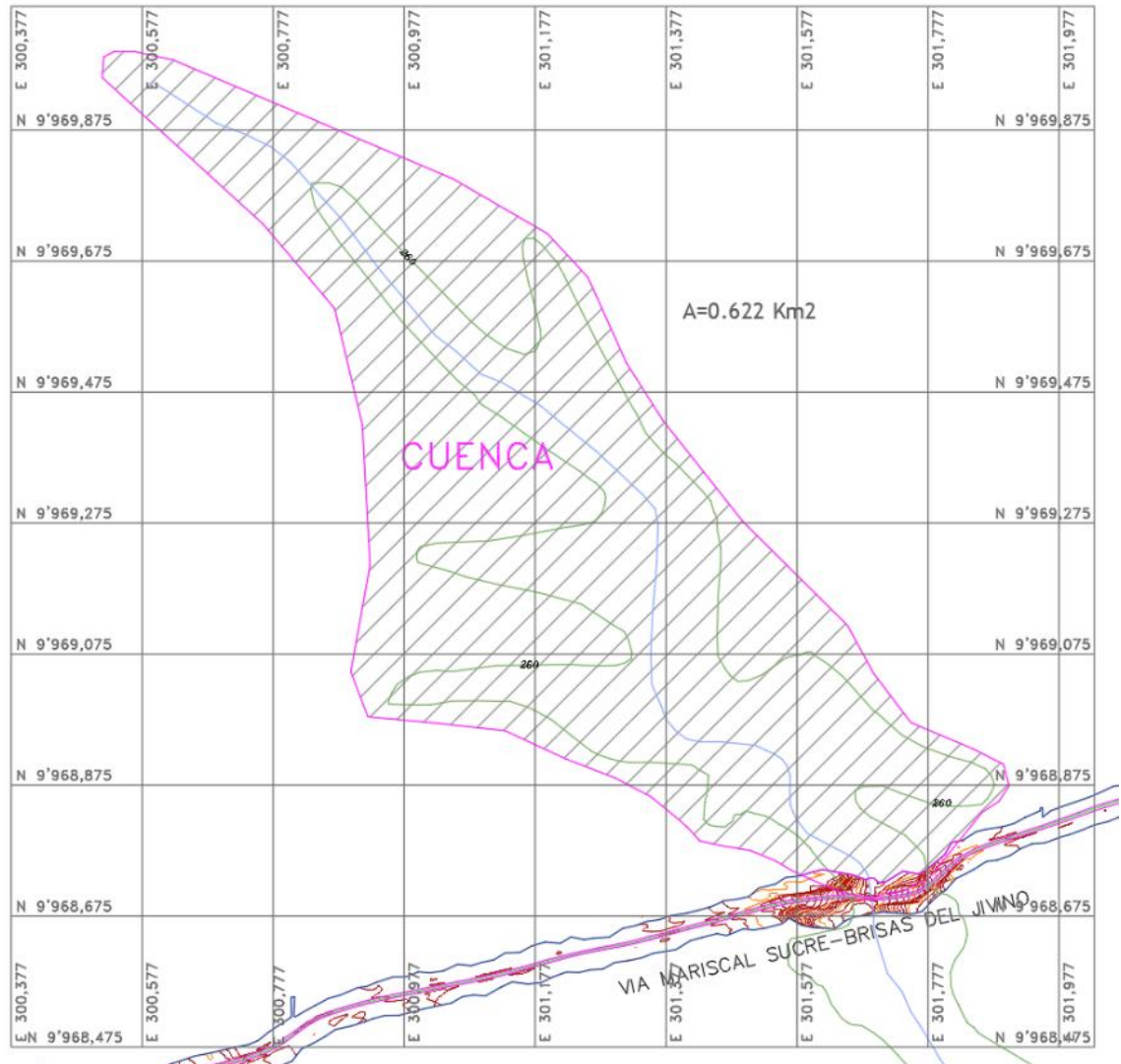
el caso de que no cumpla con lo indicado se realizará el rediseño con el objetivo de que el caudal conducido pueda ser descargado sin ningún problema sin afectar a la estructura vial.

7.2 Información Utilizada

Para realizar el análisis hidrológico se tomó información de las siguientes fuentes:

- Cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM, LA JOYA DE LOS SACHAS), a escala 1:50 000 y 1:250000, las cuales permitirán realizar el trazado de áreas de aportación para el diseño de alcantarillas; mientras que las cartas en escala 1:1000 permitirán trazar el área de aportación para las cunetas.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), Institución encargada de la regulación de la normativa vigente para el análisis y diseño hidráulico para estructuras viales.
- Instituto Nacional de Hidrología y meteorología (INAMHI), donde se ha tomado como referencia la estación Palmoriente - Huachito tipo (MH) meteorológica, la cual pertenece a la demarcación Napo ubicada en la zona 64, la misma que es la que cuenta con más información de registros históricos y además siendo la más cercana al lugar del proyecto.
- Imágenes de Google Earth.

7.3 Trazado de la cuenca de drenaje



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 51: Trazado de la cuenca.

7.4 Drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal comprende las obras de captación y defensa, cuya ubicación será necesarios establecer, calculando el área hidráulica requerida, sección, longitud, pendiente y nivelación del fondo, y seleccionando el tipo de proyecto constructivo. (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 254).

Algunas de las estructuras del drenaje longitudinal son las cunetas laterales, sumideros y colectores, los mismos que serán ubicados en puntos estratégicos con la finalidad de la protección a la estructura vial.

7.5 Drenaje transversal

Los sistemas de drenaje transversal están constituidos por elementos que transportan el agua y cruzan el eje de la carretera. Por lo general, el cruce se realiza de manera perpendicular al eje y transportan el aporte de la cuenca que se encuentra aguas arriba de la vía en dirección aguas abajo. (Rodríguez & Calle, 2013, pág. 45).

Uno de los ejemplos de estructuras de drenaje transversal son las alcantarillas, badenes y puentes, los cuales para su diseño deben cumplir parámetros importantes como el no desviar el flujo del cauce natural, evitar tener velocidades de flujo mayores.

7.6 Diseño de las obras de drenaje.

Para el diseño de las obras de drenaje es importante realizar un correcto análisis de la información existente de la zona, ya que nos permitirá obtener parámetros que nos permitirán llevar a cabo el respectivo diseño en función de las normativas vigentes en nuestro país, con el cual se tiene por objetivo el desalojo en el menor tiempo posible de la precipitación sobre la calzada, la intercepción tanto superficial como subterránea del agua lluvia y por último la conducción del caudal de un lado a otro de la sección transversal (VER ANEXO N° 8 Datos estadísticos de estaciones climatológicas y meteorológicas).

7.6.1 Intensidad de precipitación para un periodo de retorno.

Para muchos diseños de obras hidráulicas de drenaje urbano y rural se necesita la determinación del evento o eventos de lluvia que deben usarse, así una vez establecido el registro continuo y consistente, se puede enfocar el problema de la variabilidad de los registros. (Gutiérrez Caiza, 2014, pág. 166)

Para un diseño hidráulico, se debe determinar el evento o eventos de lluvia que se usaran, donde la forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un

evento donde involucre una relación entre la intensidad de la lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. (Gutiérrez Caiza, 2014, pág. 166).

7.6.1.1 Periodo de retorno.

El periodo de retorno de un evento con una magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada. (Chow, 1994, pág. 392)

En la elección del periodo de retorno, frecuencia o probabilidad a utilizar en el diseño de una obra es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable, dependiendo este ultimo de factores económicos, sociales, ambientales, técnicos y otros.

(Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 246)

Tabla 80: Periodos de retorno para diseño

Tipo de Obra	Tipo de Via	Periodo de Retorno (T, años)		Vida util supuesta (n, años)	Riesgo de falla (%)	
		Diseño	Verificacion		Diseño	Verificacion
Puentes y viaductos	Carreteras	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas ($S > 2 \text{ m}^2$) ó H terraplen $\geq 10 \text{ m}$ y estructuras enterradas	Carreteras	100	150	50	40	28
	Camino	50	100	30	45	26
Alcantarillas $S < 2 \text{ m}^2$	Carreteras	50	100	50	64	40
	Camino	25	50	30	71	45
Drenaje de la Plataforma	Carreteras	10	25	10	65	34
	Camino	5	10	5	67	41
Defensas de riberas	Carreteras	100	-	20	18	-
	Camino	100	-	20	18	-

S=Seccion de la alcantarilla

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 248)
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el proyecto en estudio se adoptará valores de diseño para drenaje de plataformas en función del tipo de vía carreteras un periodo de retorno de 10 años,

mientras tanto para el diseño de alcantarillas < 2 m² en función del tipo de vía de caminos se optará un periodo de retorno de **25 años**.

7.6.1.2 Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración se define como el tiempo que demora el agua hidráulicamente más alejada en llegar al punto de salida. Su estimación se realiza en base a fórmulas empíricas desarrolladas para distintos casos particulares. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 179)

Para la determinación del tiempo de concentración en nuestro proyecto utilizaremos la siguiente ecuación de Kirpich:

$$tc = 0.0195 \left(\frac{Lr^3}{\Delta H} \right)^{0.385} \quad (\text{Ec. 39})$$

Donde:

tc: Tiempo de concentración (min)

Lr: Longitud del cauce principal (m)

ΔH : Diferencia de elevación (m)

En el presente proyecto se tiene el cruce del Rio Jivino Rojo, para el cual se obtuvieron los siguientes parámetros, con los cuales se procedió al cálculo del tiempo de concentración.

- Lr = 1882.3 m
- H máx.=260 msnm
- H min: 249.60 msnm

$$tc = 0.0195 \left(\frac{1882.3^3}{10.4} \right)^{0.385}$$

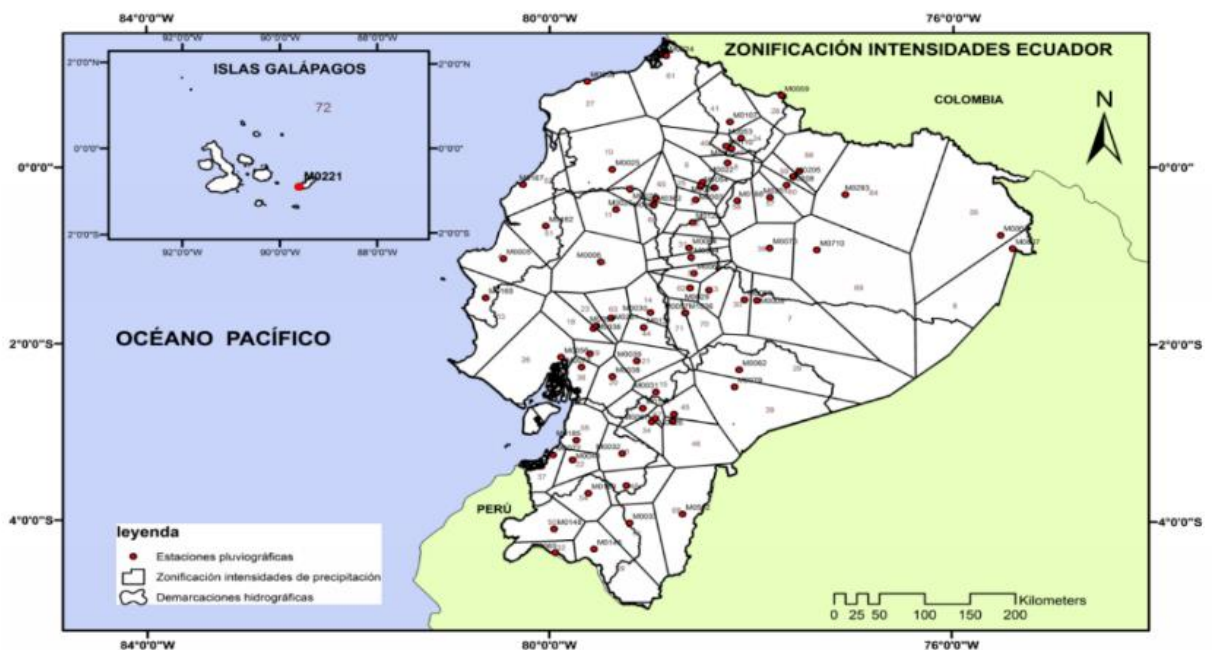
$$tc = 47.94 \text{ min}$$

7.6.1.3 Intensidad de lluvia (curvas i-d-f).

Se define como la cantidad de lluvia máxima para un periodo de retorno establecido, este parámetro es característico de cada clima de las zonas geográficas del Ecuador.

Para el diseño hidrológico es importante la determinación del evento o los eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. (Chow, 1994, pág. 465).

Para el presente estudio en lo que respecta la determinación de la intensidad de lluvia se utilizó la información de estudios de lluvias intensas del año 2015, con la finalidad de determinar la zona a la cual corresponde la estación M0293 Palmoriente - Huachito, la misma que corresponde a la zona 64 a 30 km de distancia al proyecto en estudio, como se indica a continuación en el siguiente gráfico:



Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2017)

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 52: Intensidades de precipitación

Es importante determinar las ecuaciones de intensidades, la cual se encuentra en función de diferentes tiempos de concentración, en donde para la estación M0293 Palmoriente - Huachito se tiene la siguiente ecuación:

Tabla 81: Ecuación representativa Estación M0293 Palmoriente – Huachito

ZONA	CODIGO	ESTACION	DURACION	ECUACION
64	M0293	PALMORIENTE - HUACHITO	5 Min < 34.53 Min	$ITR = 57.237 * Idtr * t^{-0.273} \quad R^2=0.9815$
			34.53 Min < 71.20 Min	$ITR = 120.85 * Idtr * t^{-0.484} \quad R^2=1$
			71.20 Min < 1440 Min	$ITR = 721.86 * Idtr * t^{-0.903} \quad R^2=0.9994$

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI 2015
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Donde:

- **ITR:** Intensidad de precipitación (mm/hora)
- **Idtr:** Intensidad de lluvia máxima para una duración de tormenta de 24 horas con periodo de retorno asociado (mm/hora)
- **t:** Duración de la intensidad, igual al tiempo de concentración (min)

Para el análisis del estudio es fundamental determinar la intensidad de lluvia para un periodo de 24 horas dentro de la zona correspondiente, para lo cual se utiliza valores ya establecidos por el INAMHI, en donde indica Idtr para diferentes periodos de retorno correspondiente para la Estación M0293 Palmoriente - Huachito, que se indica a continuación:

Tabla 82: Intensidades Máximas en 24 Horas para varios periodos de retorno de la Estacion M0293 Palmoriente – Huachito

CODIGO	ESTACION	X	Y	Z	SERIE DATOS	N° DE AÑOS	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100	PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE	
													A²	Chi²
M0293	PALMORIENTE-HUASHITO (PALMAR DEL RIO)	937835.47082	9964915.69001	360	1985-2010	21	4.54	5.41	5.92	6.53	6.95	7.35	*	*

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2015)
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

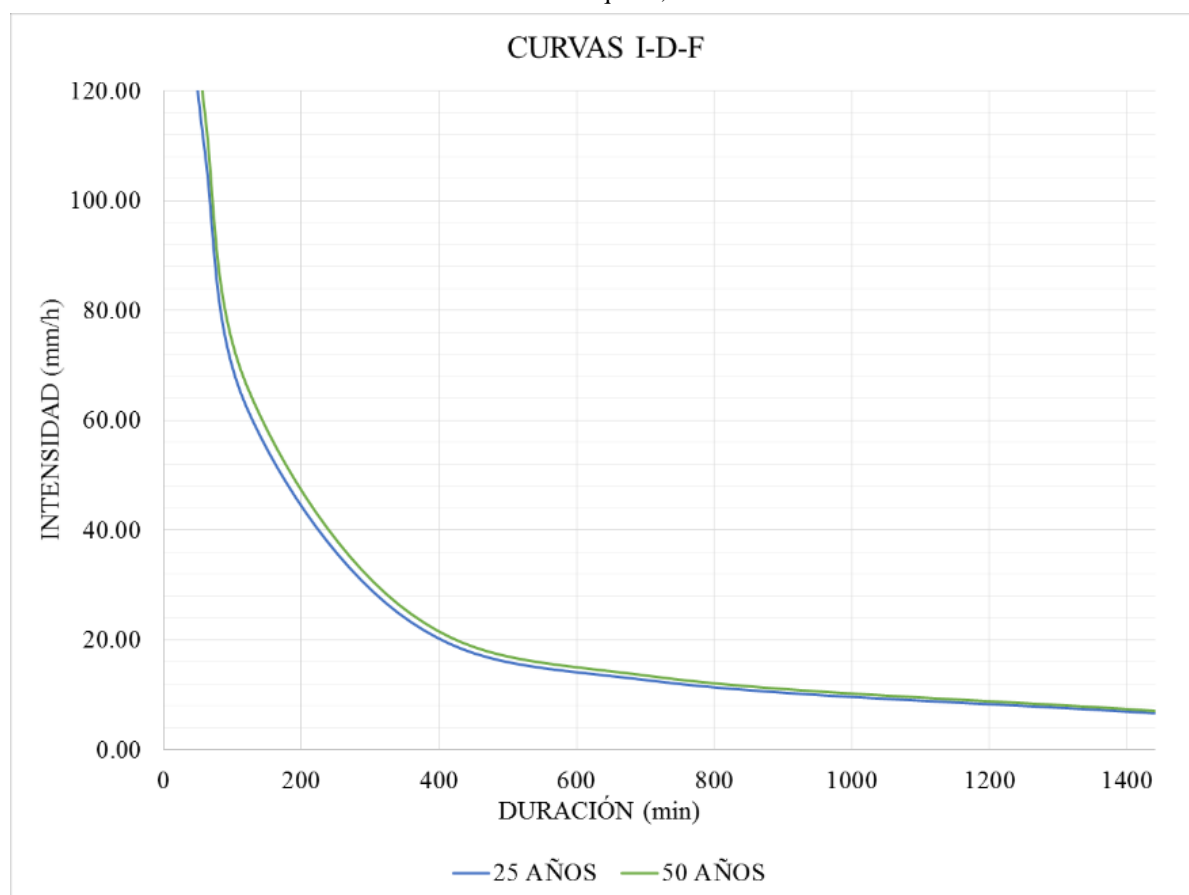
Con la información anteriormente indicada se adopta los siguientes valores de I_{dtr} , los cuales serán importantes para el diseño de las obras de drenaje para el proyecto, los cuales son:

- Diseño de cunetas para un periodo de 10 años, $I_{dTR}= 5.92$
- Diseño de alcantarillas para un periodo de 25 años, $I_{dTR}= 6.53$

Tabla 83: Intensidades máx. para diferentes duraciones y periodos de retorno (mm/h).

INTENSIDADES MÁXIMAS PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO(mm/h)										
TR	DURACIÓN (min)									
años	5	10	15	20	30	60	120	360	720	1440
25	240.86	199.34	178.45	164.97	147.68	108.78	62.50	23.18	12.39	6.63
50	256.36	212.16	189.93	175.58	157.18	115.77	66.52	24.67	13.19	7.05

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2015)
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2015)
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 53: Curvas IDF

Una vez obtenidos los valores de tiempo de concentración (t_c) y de la Intensidad diaria para un periodo de retorno ($I_{d_{TR}}$) se prosigue al cálculo de la intensidad de la lluvia utilizando la respectiva ecuación de la Estación M0293 Palmoriente - Huachito para una duración entre 34.53 min – 71.20 min.

Para un valor de $I_{d_{TR}}$ de 6.53 y un tiempo de concentración calculado de 47.94 min

$$I_{TR} = 120.85 * I_{d_{TR}} * t^{-0.484} \quad (\text{Ec. 40})$$

$$I_{TR} = 120.85 * 6.53 * 47.94^{-0.484}$$

$$I_{TR} = 121.26 \text{ mm/h}$$

En lo que respecta para el diseño de cunetas para el cálculo de la intensidad de lluvia se optara un tiempo de concentración de 12 minutos y un periodo de retorno de 10 años.

$$I_{TR} = 57.237 * I_{d_{TR}} * t^{-0.273} \quad (\text{Ec. 41})$$

$$I_{TR} = 57.237 * 5.92 * 12^{-0.273}$$

$$I_{TR} = 171.94 \text{ mm/h}$$

7.6.2 Coeficiente de escorrentía.

Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor dependerá de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendientes longitudinales y cobertura vegetal. (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 299)

Tabla 84: Coeficientes de Escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 85: Coeficiente de Escorrentía según Ven te Chow (1988)

Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas urbanas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Zonas rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58
Nota: Los valores de esta tabla son los utilizados en la ciudad de Austin (Texas, USA) para determinar caudales punta por el método racional en su término municipal.							

Fuente: (Chow, 1994, pág. 263)

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para nuestro proyecto se adoptó valores de coeficientes de escorrentía en función que se tiene el uso del suelo de la zona correspondiente a cultivos, donde a continuación se indica los valores adoptados:

- Coeficiente de escorrentía de la vía: 0.83
- Coeficiente de escorrentía de la cuneta: 0.83
- Coeficiente de escorrentía de la cuenca: 0.40
- Coeficiente de escorrentía del talud: 0.40

7.6.3 Caudales de diseño.

7.6.3.1 Método racional.

El método Racional se basa en que si una lluvia con intensidad (*i*) empieza en forma instantánea y continua en forma indefinida, la tasa de crecimiento continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración (*t_c*), en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo de salida. (Chow, 1994, pág. 510)

La ecuación para el cálculo del caudal máximo mediante el Método Racional es la siguiente:

$$Q_{max} = 0.00028 * c * i * A \quad (\text{Ec. 42})$$

Donde:

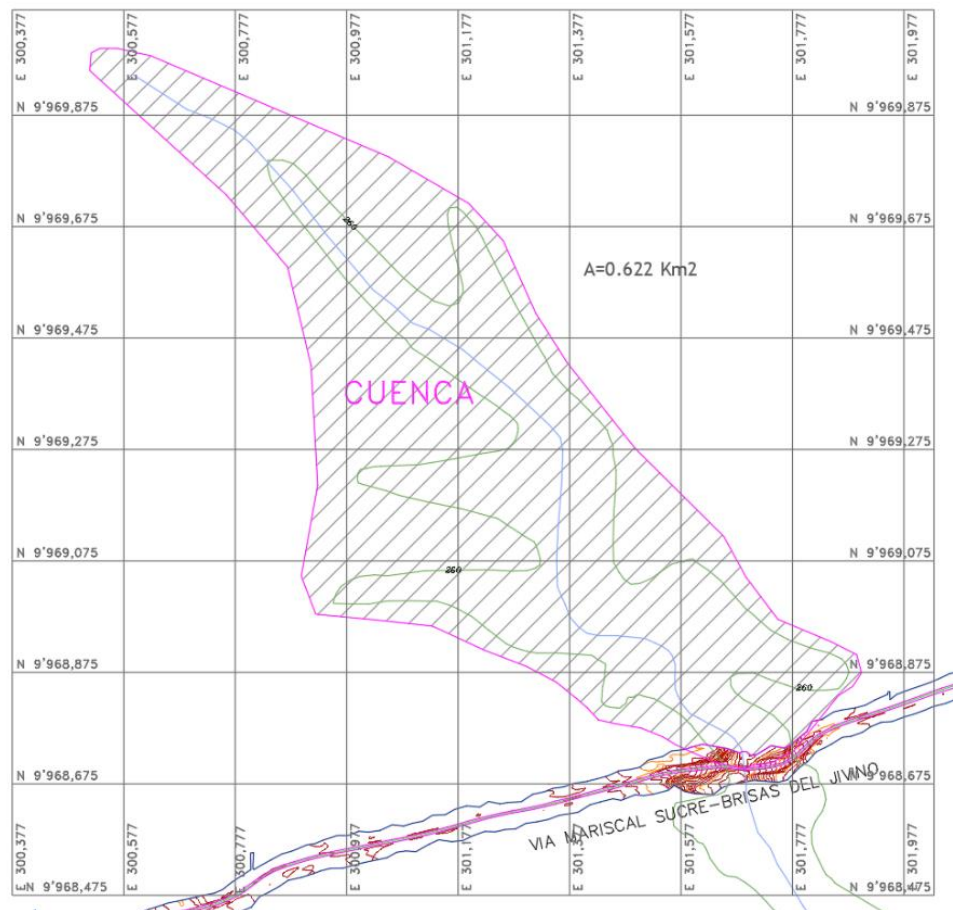
- C= Coeficiente de escorrentía
- I= Intensidad de la lluvia de diseño
- A= Área de la cuenca (m²)

Existen diversos métodos que permiten el cálculo de los caudales para el respectivo diseño de las obras de drenaje, para el presente proyecto se optara por el Método Racional debido a su sencillez y además que es utilizado comúnmente para cuencas pequeñas.

7.6.3.2 Determinación de caudales de Cuenca Hidrográfica.

En el proyecto solo se cuenta con una sola cuenca la cual se encuentra ubicada en la abscisa 1+930.00, para el respectivo cálculo del caudal máximo se determinó el coeficiente de escorrentía de la cuenca de 0.40 y un tiempo de concentración calculado de 47.94 minutos.

El cálculo de la Intensidad de la cuenca se lo realizo anteriormente para un periodo de 25 años donde se obtuvo un valor de 121.25 mm/h. Otra variable para el cálculo del caudal máximo es el área de la cuenca de aportación del cauce, el cual a continuación se sitúa en el siguiente gráfico:



Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 54: Área de la cuenca de aportación del cauce que atraviesa la vía Mariscal Sucre – Brisas del Jivino

Una vez calculado todas las variables, se prosigue al cálculo del Q Max mediante el Método Racional, como se indica a continuación:

$$Q_{max} = 0.00028 * c * i * A$$

$$Q_{max} = 0.00028 * 0.40 * 121.25 * 622574.148$$

$$Q_{max} = 8455.254 \frac{l}{s} = 8.455 m^3/s$$

7.6.4 Dimensionamiento de obras de drenaje.

7.6.4.1 Diseño de cunetas.

Son canales que se construyen, en las zonas de corte, a uno o a ambos lados de una carretera, con el propósito de interceptar el agua de lluvia que escurre de la corona de la vía, del talud del corte y de pequeñas áreas adyacentes, para conducirla a un drenaje natural ó a una obra transversal, con la finalidad de alejarla rápidamente de la zona que ocupa la carretera. (Norma de Diseño Geometrico de Carreteras, 2003, pág. 254).

7.6.4.1.1 Variables de diseño

El diseño de cunetas se realiza considerando el criterio de canales abiertos, por lo cual se utiliza la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ec. 43})$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (\text{Ec. 44})$$

Donde:

- Q = Caudal de diseño (m³/s)
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning
- A = Área hidráulica de la sección (m²)
- R = Radio hidráulico (m)
- S = Pendiente longitudinal (será igual a la pendiente de la vía) (m/m)
- A= sección de la cuneta (m²)
- P= Perímetro mojado (m)

A continuación, se hace una breve descripción de cada parámetro que interviene en la Ec. de Manning.

- **Coefficiente de rugosidad de Manning**

Este coeficiente se ha determinado experimentalmente, el cual está en función del tipo de material.

Tabla 86: Coeficientes de Escorrentía.

Tipos De Cunetas	Coefficiente de Manning
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0.020 - 0.025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0.025 - 0.035
En tierra con ligera vegetación	0.035 - 0.045
En tierra con vegetación espesa	0.040 - 0.050
En tierra excavada mecánicamente	0.028 - 0.033
En roca, superficie uniforme y lisa	0.030 - 0.035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0.035 - 0.045
Cunetas y canales revestidos	
Hormigón	0.013 - 0.017
Hormigón revestido en gunita	0.016 - 0.022
Encachado	0.020 - 0.030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0.017 - 0.020
Paredes encachadas, fondo de grava	0.023 - 0.033
Revestimiento bituminoso	0.013 - 0.016

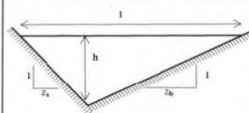
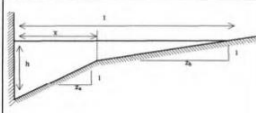
Fuente: (Lemos R, 1999, pág. 10).

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **Geometría de la cuneta**

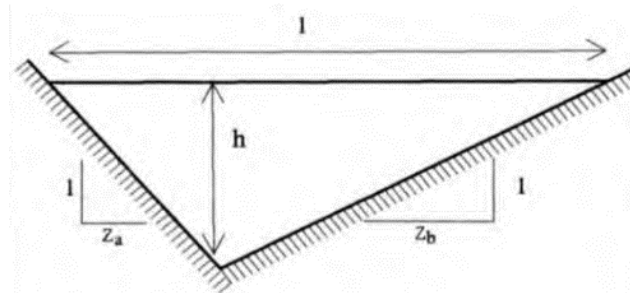
Se utilizan las siguientes relaciones, aplicables a la geometría de la cuneta a utilizar.

Tabla 87: Capacidad hidráulica de cunetas y canales triangulares

	Tipo de Cuneta o Canal	
		
Ancho Superficial (t)	$(z_a + z_b) \cdot h$	$x + z_b \cdot \left(h - \frac{x}{z_a}\right)$
Área (s)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$	$x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b - 2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1\right)$
Perímetro Mojado (P)	$(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}) \cdot h$	$h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2}\right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a}\right)$
Radio Hidráulico (R)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot (\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2})}$	$\frac{x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b - 2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1\right)}{h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2}\right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a}\right)}$

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 311)

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 311)

Autores: Gómez & Suquillo, 2019. 0

Figura 55: Sección típica adoptada

Se adopta los siguientes coeficientes:

$Z_a = 1.00$ (definido por el coeficiente de talud de corte)

$Z_b = 3.00$ (Valor para cunetas típicas según MOP 2003)

- **Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad debe ser la suficiente para evitar depósitos de sedimentos y por otro lado evitar la erosión del cauce por velocidades excesivas.

La norma (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 311) establece los siguientes valores permisibles:

- $V_{Min} = 0.25 \text{ m/s}$
- $V_{Max} = 4.5 \text{ m/s}$ (Hormigón asfáltico o cemento portland)

En la siguiente tabla se muestra el resumen del diseño de cunetas:

Tabla 88: Resumen de diseño de cunetas del borde izquierdo y derecho

							ITERACION						ITERACION	RESULTADOS	
UBICACIÓN		Q cuneta izquier da	PERALT E	Coeficie nte Rugosid ad	Coef cuneta		Calado (h)	Sección transvers al	Perímetro Mojado	Radio hidraulic o	Velocidad	0.5<V<=4.5	Q diseño	h+ Borde libre	Espejo de agua
Absc. Inicial	Absc. Final	m3/s	So	n	Za	Zb	m	A (m2)	P (m)	R (m)	v (m/s)	v (m/s)	m3/s	m	T (m)
0+0.00	0+20.00	0.005	6.60%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.21	0.02	1.27	Cumple	0.005	0.06	0.18
0+20.00	0+50.00	0.006	6.60%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.22	0.02	1.31	Cumple	0.006	0.06	0.19
0+50.00	0+70.00	0.006	6.60%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.22	0.02	1.32	Cumple	0.006	0.06	0.20
0+70.00	0+80.00	0.001	6.60%	0.015	1	3	0.03	0.00	0.13	0.01	0.91	Cumple	0.001	0.03	0.11
0+80.00	0+100.00	0.001	6.60%	0.015	1	3	0.03	0.00	0.13	0.01	0.91	Cumple	0.001	0.03	0.11
0+100.00	0+167.34	0.005	6.60%	0.015	1	3	0.03	0.00	0.13	0.01	0.91	Cumple	0.001	0.03	0.11
0+167.34	0+300.00	0.004	1.66%	0.015	1	3	0.05	0.01	0.25	0.02	0.70	Cumple	0.004	0.06	0.22
0+300.00	0+445.74	0.053	1.66%	0.015	1	3	0.14	0.04	0.64	0.06	1.34	Cumple	0.053	0.17	0.56
0+445.74	0+586.09	0.027	3.00%	0.015	1	3	0.10	0.02	0.44	0.04	1.40	Cumple	0.026	0.12	0.39
DESCARGA 0+000		0.107													
0+586.09	0+827.28	0.047	0.54%	0.015	1	3	0.16	0.05	0.75	0.07	0.85	Cumple	0.046	0.20	0.66
0+827.28	0+900.00	0.014	0.86%	0.015	1	3	0.09	0.02	0.43	0.04	0.74	Cumple	0.013	0.11	0.38
0+900.00	01+000.00	0.036	0.86%	0.015	1	3	0.14	0.04	0.63	0.06	0.95	Cumple	0.036	0.16	0.55
01+000.00	01+080.98	0.002	0.86%	0.015	1	3	0.05	0.01	0.24	0.02	0.50	Cumple	0.003	0.06	0.21
DESCARGA 0+827.28		0.100													
01+080.98	01+130.00	0.001	0.87%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.21	0.02	0.50	Cumple	0.002	0.05	0.18
01+130.00	01+300.00	0.033	0.87%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.60	0.06	0.93	Cumple	0.032	0.16	0.53
01+300.00	01+387.44	0.032	0.87%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.60	0.06	0.92	Cumple	0.031	0.16	0.52
01+387.44	01+460.00	0.002	0.86%	0.015	1	3	0.05	0.01	0.24	0.02	0.50	Cumple	0.003	0.06	0.21
01+460.00	01+600.00	0.051	0.86%	0.015	1	3	0.16	0.05	0.72	0.07	1.04	Cumple	0.051	0.19	0.63
01+600.00	01+647.87	0.017	0.86%	0.015	1	3	0.10	0.02	0.47	0.05	0.78	Cumple	0.017	0.12	0.41
DESCARGA 1+387.44		0.136													
01+647.87	01+740.00	0.018	7.54%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.32	0.03	1.81	Cumple	0.018	0.09	0.28

							ITERACION						ITERACION	RESULTADOS	
UBICACIÓN		Q cuneta izquier da	PERALT E	Coeficie nte Rugosid ad	Coef cuneta		Calado (h)	Sección transvers al	Perímetro Mojado	Radio hidraulic o	Velocidad	0.5<V<=4.5	Q diseño	h+ Borde libre	Espejo de agua
Absc. Inicial	Absc. Final	m3/s	So	n	Za	Zb	m	A (m2)	P (m)	R (m)	v (m/s)	v (m/s)	m3/s	m	T (m)
01+740.00	01+929.87	0.006	7.54%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.22	0.02	1.38	Cumple	0.006	0.06	0.19
01+929.87	02+105.11	0.063	7.99%	0.015	1	3	0.11	0.03	0.51	0.05	2.52	Cumple	0.063	0.13	0.45
02+105.11	02+120.00	0.0004	0.79%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.18	0.02	0.50	Cumple	0.002	0.05	0.16
02+120.00	02+280.00	0.031	0.79%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.60	0.06	0.88	Cumple	0.031	0.16	0.53
02+280.00	02+439.87	0.005	0.79%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.31	0.03	0.57	Cumple	0.005	0.08	0.28
DESCARGA 1+929.87		0.124													
02+439.87	02+670.00	0.007	0.51%	0.015	1	3	0.09	0.01	0.39	0.04	0.53	Cumple	0.008	0.10	0.34
02+670.00	02+975.47	0.060	0.51%	0.015	1	3	0.18	0.07	0.84	0.08	0.89	Cumple	0.060	0.22	0.73
02+975.47	03+280.00	0.060	0.59%	0.015	1	3	0.18	0.06	0.82	0.08	0.94	Cumple	0.060	0.21	0.72
03+280.00	03+320.26	0.001	0.59%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.23	0.02	0.50	Cumple	0.002	0.06	0.20
DESCARGA- 2+975.47		0.128													
03+320.26	03+400.00	0.029	0.62%	0.015	1	3	0.14	0.04	0.62	0.06	0.80	Cumple	0.029	0.16	0.54
03+400.00	03+520.00	0.004	0.62%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.31	0.03	0.50	Cumple	0.004	0.08	0.27
03+520.00	03+660.00	0.027	0.62%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.60	0.06	0.78	Cumple	0.027	0.16	0.52
03+660.00	03+780.00	0.043	0.62%	0.015	1	3	0.16	0.05	0.72	0.07	0.88	Cumple	0.043	0.19	0.63
03+780.00	03+812.43	0.001	0.62%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.20	0.02	0.50	Cumple	0.002	0.05	0.17
03+812.43	03+960.00	0.004	0.74%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.30	0.03	0.54	Cumple	0.005	0.08	0.27
03+960.00	04+080.00	0.023	0.74%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.54	0.05	0.80	Cumple	0.022	0.14	0.47
04+080.00	04+163.38	0.030	0.74%	0.015	1	3	0.13	0.04	0.61	0.06	0.86	Cumple	0.031	0.16	0.53
DESCARGA 3+812.43		0.162													
04+163.38	04+200.00	0.013	0.78%	0.015	1	3	0.10	0.02	0.44	0.04	0.71	Cumple	0.013	0.12	0.39
04+200.00	04+240.00	0.008	0.78%	0.015	1	3	0.08	0.01	0.37	0.04	0.63	Cumple	0.008	0.10	0.32
04+240.00	04+330.00	0.033	0.78%	0.015	1	3	0.14	0.04	0.63	0.06	0.90	Cumple	0.034	0.16	0.55
04+330.00	04+390.08	0.012	0.78%	0.015	1	3	0.09	0.02	0.43	0.04	0.70	Cumple	0.012	0.11	0.38
04+390.08	04+470.00	0.002	0.58%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.27	0.03	0.50	Cumple	0.003	0.07	0.23

													ITERACION			
UBICACIÓN		Q cuneta izquier da	PERALT E	Coeficie nte Rugosid ad	Coef cuneta		Calado (h)	Sección transvers al	Perímetro Mojado	Radio hidraulic o	Velocidad	0.5<V<=4.5	ITERACION	RESULTADOS		
Absc. Inicial	Absc. Final	m3/s	So	n	Za	Zb	m	A (m2)	P (m)	R (m)	v (m/s)	v (m/s)	m3/s	h+ Borde libre	Espejo de agua	
04+470.00	04+570.00	0.020	0.58%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.54	0.05	0.70	Cumple	0.020	0.14	0.47	
04+570.00	04+720.00	0.054	0.58%	0.015	1	3	0.17	0.06	0.79	0.08	0.91	Cumple	0.054	0.21	0.69	
04+720.00	04+726.52	0.001	0.58%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.19	0.02	0.50	Cumple	0.002	0.05	0.17	
DESCARGA 4+390.08		0.143														
04+726.52	05+000.00	0.054	0.58%	0.015	1	3	0.17	0.06	0.79	0.08	0.91	Cumple	0.054	0.21	0.69	
05+000.00	05+088.19	0.032	0.58%	0.015	1	3	0.14	0.04	0.65	0.06	0.79	Cumple	0.032	0.17	0.57	
05+088.19	05+140.00	0.019	1.25%	0.015	1	3	0.10	0.02	0.47	0.04	0.94	Cumple	0.019	0.12	0.41	
05+140.00	05+302.48	0.032	1.25%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.56	0.05	1.06	Cumple	0.032	0.15	0.49	
DESCARGA 5+088.19		0.136														
05+302.48	05+600.00	0.058	0.90%	0.015	1	3	0.16	0.05	0.75	0.07	1.09	Cumple	0.059	0.20	0.66	
05+600.00	05+678.77	0.028	0.90%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.57	0.05	0.91	Cumple	0.028	0.15	0.50	
05+678.77	05+700.00	0.008	6.10%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.25	0.02	1.38	Cumple	0.009	0.07	0.22	
05+700.00	05+790.00	0.003	6.10%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.18	0.02	1.11	Cumple	0.004	0.05	0.16	
05+790.00	05+810.00	0.004	6.10%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.20	0.02	1.16	Cumple	0.004	0.05	0.17	
05+810.00	05+880.00	0.025	6.10%	0.015	1	3	0.08	0.01	0.38	0.04	1.82	Cumple	0.026	0.10	0.34	
05+880.00	05+972.35	0.018	6.10%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.34	0.03	1.68	Cumple	0.019	0.09	0.30	
05+972.35	05+980.00	0.001	1.21%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.17	0.02	0.50	Cumple	0.001	0.04	0.15	
05+980.00	06+080.00	0.003	1.21%	0.015	1	3	0.05	0.01	0.24	0.02	0.59	Cumple	0.003	0.06	0.21	
06+080.00	06+106.84	0.010	1.21%	0.015	1	3	0.08	0.01	0.36	0.03	0.78	Cumple	0.010	0.10	0.32	
06+106.84	06+160.00	0.019	1.82%	0.015	1	3	0.10	0.02	0.44	0.04	1.08	Cumple	0.020	0.12	0.38	
DESCARGA 6+106.84		0.178														

ITERACION													ITERACION	RESULTADOS	
UBICACIÓN		Q cuneta derecha	PERALTE	Coeficiente Rugosidad	Coef cuneta		Calado (h)	Sección transversal	Perímetro Mojado	Radio hidráulico	Velocidad	0.5<V<=4.5	Q diseño	h+ Borde libre	Espejo de agua
Absc. Inicial	Absc. Final	m3/s	So	n	Za	Zb	m	A (m2)	P (m)	R (m)	v (m/s)	v (m/s)	m3/s	m	T (m)
0+0.00	0+20.00	0.004	6.60%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.19	0.02	1.18	Cumple	0.004	0.05	0.17
0+20.00	0+50.00	0.006	6.60%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.22	0.02	1.31	Cumple	0.006	0.06	0.19
0+50.00	0+70.00	0.004	6.60%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.20	0.02	1.22	Cumple	0.005	0.05	0.17
0+70.00	0+80.00	0.004	6.60%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.19	0.02	1.20	Cumple	0.004	0.05	0.17
0+80.00	0+100.00	0.009	6.60%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.25	0.02	1.43	Cumple	0.009	0.07	0.22
0+100.00	0+167.34	0.024	6.60%	0.015	1	3	0.08	0.01	0.37	0.04	1.83	Cumple	0.024	0.10	0.32
0+167.34	0+300.00	0.048	1.66%	0.015	1	3	0.13	0.04	0.62	0.06	1.30	Cumple	0.047	0.16	0.54
0+300.00	0+445.74	0.004	1.66%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.25	0.02	0.72	Cumple	0.004	0.07	0.22
0+445.74	0+586.09	0.027	3.00%	0.015	1	3	0.10	0.02	0.44	0.04	1.40	Cumple	0.026	0.12	0.39
DESCARGA 0+000		0.131													
0+586.09	0+827.28	0.047	0.54%	0.015	1	3	0.16	0.05	0.75	0.07	0.85	Cumple	0.046	0.20	0.66
0+827.28	0+900.00	0.014	0.86%	0.015	1	3	0.09	0.02	0.43	0.04	0.74	Cumple	0.013	0.11	0.38
0+900.00	01+000.00	0.003	0.86%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.26	0.03	0.53	Cumple	0.003	0.07	0.23
01+000.00	01+080.98	0.029	0.86%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.58	0.06	0.90	Cumple	0.029	0.15	0.51
DESCARGA 0+827.28		0.094													
01+080.98	01+130.00	0.018	0.87%	0.015	1	3	0.11	0.02	0.48	0.05	0.80	Cumple	0.018	0.13	0.42
01+130.00	01+300.00	0.033	0.87%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.60	0.06	0.93	Cumple	0.032	0.16	0.53
01+300.00	01+387.44	0.003	0.87%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.27	0.03	0.55	Cumple	0.004	0.07	0.24
01+387.44	01+460.00	0.026	0.86%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.56	0.05	0.87	Cumple	0.026	0.15	0.49
01+460.00	01+600.00	0.004	0.86%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.27	0.03	0.53	Cumple	0.004	0.07	0.23
01+600.00	01+647.87	0.001	0.86%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.21	0.02	0.50	Cumple	0.002	0.06	0.19
DESCARGA 1+387.44		0.086													
01+647.87	01+740.00	0.018	7.54%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.32	0.03	1.81	Cumple	0.018	0.09	0.28

ITERACION													ITERACION	RESULTADOS	
UBICACIÓN		Q cuneta derecha	PERALTE	Coeficiente Rugosidad	Coef cuneta		Calado (h)	Sección transversal	Perímetro Mojado	Radio hidráulico	Velocidad	0.5<V<=4.5	Q diseño	h+ Borde libre	Espejo de agua
Absc. Inicial	Absc. Final	m3/s	So	n	Za	Zb	m	A (m2)	P (m)	R (m)	v (m/s)	v (m/s)	m3/s	m	T (m)
01+740.00	01+929.87	0.069	7.54%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.54	0.05	2.52	Cumple	0.069	0.14	0.47
01+929.87	02+105.11	0.005	7.99%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.20	0.02	1.36	Cumple	0.005	0.05	0.18
02+105.11	02+120.00	0.005	0.79%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.31	0.03	0.57	Cumple	0.005	0.08	0.28
02+120.00	02+280.00	0.031	0.79%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.60	0.06	0.88	Cumple	0.031	0.16	0.53
02+280.00	02+439.87	0.058	0.79%	0.015	1	3	0.17	0.06	0.77	0.07	1.04	Cumple	0.058	0.20	0.67
DESCARGA 1+929.87		0.186													
02+439.87	02+670.00	0.083	0.51%	0.015	1	3	0.21	0.09	0.95	0.09	0.96	Cumple	0.083	0.25	0.83
02+670.00	02+975.47	0.060	0.51%	0.015	1	3	0.18	0.07	0.84	0.08	0.89	Cumple	0.060	0.22	0.73
02+975.47	03+280.00	0.060	0.59%	0.015	1	3	0.18	0.06	0.82	0.08	0.94	Cumple	0.060	0.22	0.72
03+280.00	03+320.26	0.015	0.59%	0.015	1	3	0.11	0.02	0.49	0.05	0.67	Cumple	0.015	0.13	0.43
DESCARGA- 2+975.47		0.217													
03+320.26	03+400.00	0.002	0.62%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.26	0.02	0.50	Cumple	0.003	0.07	0.23
03+400.00	03+520.00	0.043	0.62%	0.015	1	3	0.16	0.05	0.72	0.07	0.88	Cumple	0.043	0.19	0.63
03+520.00	03+660.00	0.027	0.62%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.60	0.06	0.78	Cumple	0.027	0.16	0.52
03+660.00	03+780.00	0.004	0.62%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.31	0.03	0.50	Cumple	0.004	0.08	0.27
03+780.00	03+812.43	0.012	0.62%	0.015	1	3	0.10	0.02	0.45	0.04	0.64	Cumple	0.012	0.12	0.39
03+812.43	03+960.00	0.053	0.74%	0.015	1	3	0.16	0.05	0.75	0.07	0.99	Cumple	0.053	0.20	0.65
03+960.00	04+080.00	0.023	0.74%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.54	0.05	0.80	Cumple	0.022	0.14	0.47
04+080.00	04+163.38	0.002	0.74%	0.015	1	3	0.05	0.01	0.24	0.02	0.50	Cumple	0.003	0.06	0.21
DESCARGA 3+812.43		0.168													
04+163.38	04+200.00	0.001	0.78%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.21	0.02	0.50	Cumple	0.002	0.06	0.19
04+200.00	04+240.00	0.008	0.78%	0.015	1	3	0.08	0.01	0.37	0.04	0.63	Cumple	0.008	0.10	0.32
04+240.00	04+330.00	0.003	0.78%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.26	0.03	0.51	Cumple	0.003	0.07	0.23

CRITICA

ITERACION													ITERACION	RESULTADOS	
UBICACIÓN		Q cuneta derecha	PERALTE	Coeficiente Rugosidad	Coef cuneta		Calado (h)	Sección transversal	Perímetro Mojado	Radio hidráulico	Velocidad	0.5<V<=4.5	Q diseño	h+ Borde libre	Espejo de agua
Absc. Inicial	Absc. Final	m3/s	So	n	Za	Zb	m	A (m2)	P (m)	R (m)	v (m/s)	v (m/s)	m3/s	m	T (m)
04+330.00	04+390.08	0.012	0.78%	0.015	1	3	0.09	0.02	0.43	0.04	0.70	Cumple	0.012	0.11	0.38
04+390.08	04+470.00	0.029	0.58%	0.015	1	3	0.14	0.04	0.62	0.06	0.78	Cumple	0.029	0.16	0.55
04+470.00	04+570.00	0.020	0.58%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.54	0.05	0.70	Cumple	0.020	0.14	0.47
04+570.00	04+720.00	0.004	0.58%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.27	0.03	0.50	Cumple	0.003	0.07	0.24
04+720.00	04+726.52	0.001	0.58%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.27	0.03	0.50	Cumple	0.003	0.07	0.24
DESCARGA 4+390.08		0.078													
04+726.52	05+000.00	0.054	0.58%	0.015	1	3	0.17	0.06	0.79	0.08	0.91	Cumple	0.054	0.21	0.69
05+000.00	05+088.19	0.003	0.58%	0.015	1	3	0.06	0.01	0.28	0.03	0.50	Cumple	0.004	0.07	0.24
05+088.19	05+140.00	0.002	1.25%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.20	0.02	0.54	Cumple	0.002	0.05	0.18
05+140.00	05+302.48	0.032	1.25%	0.015	1	3	0.12	0.03	0.56	0.05	1.06	Cumple	0.032	0.15	0.49
DESCARGA 5+088.19		0.090													
05+302.48	05+600.00	0.058	0.90%	0.015	1	3	0.16	0.05	0.75	0.07	1.09	Cumple	0.059	0.20	0.66
05+600.00	05+678.77	0.002	0.90%	0.015	1	3	0.05	0.01	0.24	0.02	0.51	Cumple	0.003	0.06	0.21
05+678.77	05+700.00	0.001	6.10%	0.015	1	3	0.03	0.00	0.13	0.01	0.87	Cumple	0.001	0.03	0.11
05+700.00	05+790.00	0.033	6.10%	0.015	1	3	0.09	0.02	0.43	0.04	1.95	Cumple	0.034	0.11	0.37
05+790.00	05+810.00	0.004	6.10%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.20	0.02	1.17	Cumple	0.004	0.05	0.17
05+810.00	05+880.00	0.002	6.10%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.17	0.02	1.05	Cumple	0.003	0.04	0.15
05+880.00	05+972.35	0.018	6.10%	0.015	1	3	0.07	0.01	0.34	0.03	1.68	Cumple	0.019	0.09	0.30
05+972.35	05+980.00	0.001	1.21%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.17	0.02	0.50	Cumple	0.001	0.04	0.15
05+980.00	06+080.00	0.036	1.21%	0.015	1	3	0.13	0.03	0.59	0.06	1.08	Cumple	0.036	0.15	0.51
06+080.00	06+106.84	0.001	1.21%	0.015	1	3	0.04	0.00	0.17	0.02	0.50	Cumple	0.001	0.04	0.15
06+106.84	06+160.00	0.002	1.82%	0.015	1	3	0.05	0.00	0.21	0.02	0.67	Cumple	0.003	0.06	0.18
DESCARGA 6+106.84		0.158													

Autores: Gómez & Suquillo, 2019

7.6.5 Diseño de alcantarillas.

El drenaje transversal de la carretera se consigue mediante alcantarillas cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tránsito o a la propiedad adyacente. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 264)

7.6.5.1 Criterios de diseño.

Los criterios más importantes descritos por la norma MOP 2003 son los siguientes:

- Las alcantarillas deberán instalarse o construirse, en lo posible, siguiendo la alineación, pendiente y cotas de nivel del cauce de la corriente, facilitando de esta manera que el agua circule libremente sin interrupciones y reduciendo, al mínimo, los riesgos de erosión.
- La pendiente ideal para una alcantarilla es aquella que no produzca sedimentación, ni velocidades excesivas y erosión, y que, a su vez, permita la menor longitud de la estructura.
- Así mismo, la capacidad de una alcantarilla, con pendiente muy reducida, pero con salida sumergida, puede variar según la carga hidráulica; en este caso, la rugosidad interna de la alcantarilla es un factor que debe tenerse en cuenta. Para evitar la sedimentación la pendiente mínima será 0,5 por ciento.
- Es recomendable por cuestiones de seguridad trabajar máximo con el 80% de la capacidad de la alcantarilla. Con el fin de evitar que algún evento de crecida provoque que la estructura trabaje a presión lo cual no es deseable.

7.6.5.2 Elección del tipo de alcantarilla.

Las formas usuales de alcantarillas son: circulares, de cajón y múltiples. La alcantarilla circular es una de las más usadas y resiste en forma satisfactoria en la mayoría de los casos las cargas a que son sometidas. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 270)

El diámetro para alcantarillas de caminos vecinales o de desarrollo deberá ser al menos 1,00 m si la longitud de la obra es mayor a 10 m. En las demás categorías de caminos y carreteras el diámetro mínimo será de 1,20 m. (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 270)

7.6.5.3 Calculo Hidráulico.

La capacidad hidráulica de secciones circulares parcialmente llenas se puede calcular empleando la ecuación de Manning, expresada de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{n} \Omega R^{2/3} i^{1/2} \quad (\text{Ec. 45})$$

Donde:

- Q: gasto, m³/s;
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional, armico: 0.0024
- Ω : área de la sección, m²;
- i: Gradiente longitudinal, m/m.

- **Coefficiente de rugosidad de Manning**

El coeficiente, el cual depende del tipo de material de la alcantarilla se adopta según la siguiente tabla:

Tabla 89: Coeficientes de rugosidad para materiales usados en alcantarillas

Materiales	n
a) Hormigón	0,012
b) Metal corrugado:	
- Ondulaciones estándar (68 mm x 13 mm)	0,024
- Revestido en un 25%	0,021
- Totalmente revestido	0,012
- Ondulaciones medianas (76 mm x 25 mm)	0,027
- 25 % revestido	0,023
- totalmente revestido	0,012
- Ondulaciones grandes (152 mm x 51 mm)	variable
- 25 % revestido	0,026
- totalmente revestido	0,012

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 287)
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el diseño se adopta un coeficiente de Manning de 0.024, considerando utilizar alcantarillas de ARMICO.

A continuación, se procede al dimensionamiento de la estructura, considerando para el cálculo la relación a flujo lleno, utilizando las ecuaciones geométricas de una sección circular parcialmente llena y los siguientes parámetros previamente establecidos:

- Caudal de diseño
- Pendiente del conducto
- Rugosidad de Manning, armico: 0.0024
- Diámetro adoptado

Tabla 90: Resumen de diseño de alcantarillas

No	ABSCISA	CAUDAL	CAUDAL	CAUDAL	COTAS			LONGITUD			CARACTERISTICAS FISICAS				TUBERIA LLENA		DATOS HIDRAULICOS													
		CUNETA	CAUCE	DISEÑO	TERRE	PROYECTO		m			D	TIPO DE CANAL	I	n	V	Q	y	θ	W	X	R	T	V	Q	Verificaci	y	Verifica			
	m	m3/s	m3/s	Qd (l/s)	msnm	Ent clave	Sal	Ent	Sal	Toral	mm		%	Manning	m/s	l/s		m	°	m2	m	m	m	m/s	l/s	Velocidad	%	Calac		
1	0+827.28	0.100	0.000	100.05	267.39	266.59	266.39	3.75	3.75	7.50	1200	C	2.67%	0.024	3.05	3448.575	0.14	80.0	0.07	0.84	0.09	0.77	1.350	100.050	ok	2.90%	ok			
2	1+387.44	0.136	0.000	136.49	266.94	266.14	265.94	3.75	3.75	7.50	1200	C	2.67%	0.024	3.05	3448.575	0.16	86.5	0.09	0.91	0.10	0.82	1.482	136.490	ok	3.96%	ok			
3	1+929.87	0.186	8.455	4320.87	253.32	249.39	249.29	8.87	8.59	17.46	2000	C	0.57%	0.024	1.99	6240.650	1.22	205.9	2.02	3.59	0.56	1.95	2.144	4320.870	ok	69.24%	ok			
4	2+975.47	0.217	0.000	217.22	265.13	264.33	264.13	3.75	3.75	7.50	1200	C	2.67%	0.024	3.05	3448.575	0.20	97.4	0.13	1.02	0.13	0.90	1.702	217.220	ok	6.30%	ok			
5	3+812.43	0.168	0.000	167.88	264.11	263.31	263.11	3.75	3.75	7.50	1200	C	2.67%	0.024	3.05	3448.575	0.18	91.2	0.11	0.95	0.11	0.86	1.576	167.880	ok	4.87%	ok			
6	4+390.08	0.143	0.000	142.88	264.93	264.13	263.93	3.75	3.75	7.50	1200	C	2.67%	0.024	3.05	3448.575	0.17	87.5	0.10	0.92	0.10	0.83	1.503	142.880	ok	4.14%	ok			
7	5+088.19	0.136	0.000	135.99	264.88	264.08	263.88	3.75	3.75	7.50	1200	C	2.67%	0.024	3.05	3448.575	0.16	86.4	0.09	0.91	0.10	0.82	1.480	135.990	ok	3.94%	ok			
8	6+106.84	0.178	0.000	177.85	244.67	243.87	243.67	3.75	3.75	7.50	1200	C	2.67%	0.024	3.05	3448.575	0.19	92.5	0.11	0.97	0.11	0.87	1.604	177.850	ok	5.16%	ok			

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

7.6.5.4 Alcantarillas con control de entrada.

El control de entrada significa que la capacidad de una alcantarilla está determinada en su entrada por la profundidad de remanso (H_e) y por la geometría de la embocadura, que incluye la forma y área de la sección transversal del conducto y el tipo de aristas de aquélla. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador NEVI 12, 2012, pág. 276)

Para que la alcantarilla trabaje como flujo a superficie libre deberá cumplir la siguiente condición:

$$H_e < (1.2 - 1.5)D$$

Para lo cual se utilizan las siguientes expresiones:

$$H_e = h_v + h_e + h_f \quad (\text{Ec. 46})$$

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

$$h_e = k_e * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = L * \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}}$$

Donde:

H_e = Altura de entrada

k_e = Coeficiente de entrada, para muro de ángulo abierto $k_e=0.30$

v = Velocidad de flujo, m/s

R = Radio hidráulico, en m

g = Aceleración de la gravedad, en m/s²

n = Coeficiente de rugosidad de Manning,

L = Longitud de la tubería

D = Diámetro de la alcantarilla, en m

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos para el control de entrada de las alcantarillas.

Tabla 91: Resumen de alcantarillas con control de entrada

No	ABSCISA	CALCULO DE PERDIDAS									
		n	D	V	R	he	hv	hf	He	HT	Verificacion
	m	Mannin g	mm	m/s	m	m	m	m	m	m	Ht < hw
1	0+827.28	0.024	1200.0	1.35	0.09	0.03	0.09	0.0267	0.15	1.440	ok
2	1+387.44	0.024	1200.0	1.48	0.10	0.03	0.11	0.0267	0.17	1.440	ok
3	1+929.87	0.024	2000.0	2.14	0.56	0.07	0.23	0.0057	0.31	2.400	ok
4	2+975.47	0.024	1200.0	1.70	0.13	0.04	0.15	0.0267	0.22	1.440	ok
5	3+812.43	0.024	1200.0	1.58	0.11	0.04	0.13	0.0267	0.19	1.440	ok
6	4+390.08	0.024	1200.0	1.50	0.10	0.03	0.12	0.0267	0.18	1.440	ok
7	5+088.19	0.024	1200.0	1.48	0.10	0.03	0.11	0.0267	0.17	1.440	ok
8	6+106.84	0.024	1200.0	1.60	0.11	0.04	0.13	0.0267	0.20	1.440	ok

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

CAPÍTULO 8

8. SEÑALIZACIÓN

Con la finalidad de garantizar la fluidez, seguridad y comodidad de los conductores y peatones al momento de desplazarse es necesario contar con una señalización vial, esto con el objeto de indicar a los actores del tránsito la manera correcta y segura de circular por los caminos y carreteras, y de esta manera reducir así los índices de accidentes de tránsito y el tiempo de desplazamiento hacia su destino final.

“Una señalización vial permanente bien diseñada, se reflejará directamente en un alto nivel de seguridad vial de una carretera o camino, lo que será muy valorado por los usuarios. Por lo tanto, debe ser uno de los aspectos importantes a considerar durante el desarrollo de un Proyecto vial” (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, 2012, pág. 148).

Para el diseño de la señalización vial del proyecto se tomará en cuenta ciertas características importantes como la necesidad y visibilidad de cada una de las señales viales, en donde tendremos dos tipos de señalización, horizontal y vertical.

8.1 Señalización horizontal

“La señalización horizontal de tránsito corresponde a demarcaciones tipo líneas, símbolos, letras u otras, entre las que se incluyen las tachas retro reflectantes complementarias, con la finalidad de informar, prevenir y regular el tránsito. La señalización horizontal se ubica sobre la calzada, presenta la ventaja de transmitir su mensaje al conductor sin que este distraiga su atención del carril en que circula” (Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, 2012, pág. 180)

Dentro del diseño de la señalización horizontal debe cumplirse lo siguiente:

- a) “Su tamaño, contraste, colores, forma, composición y retro reflectividad o iluminación, se combine de tal manera que atraigan la atención de todos los usuarios” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5).
- b) “Su forma, tamaño, colores y diagramación del mensaje se combinen para que este sea claro, sencillo e inequívoco” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5).
- c) “Su legibilidad y tamaño correspondan al emplazamiento utilizado, permitiendo en un tiempo adecuado de reacción” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5).
- d) “Su tamaño, forma y mensaje concuerden con la situación que se señala, contribuyendo a su credibilidad y acatamiento” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5).
- e) “Sus características de color y tamaño se aprecien de igual manera durante el día, la noche y periodos de visibilidad limitada” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5).

Clasificación de señales horizontales

1. Clasificación según su forma:

- a) **Líneas Longitudinales:** “Se emplean para determinar carriles y calzadas; para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 6).

Las líneas longitudinales se las utiliza para realizar el delineamiento de sub-ejes longitudinales los cuales son principales en una calzada de la vía, las cuales se subdividen en:

- **Líneas de Separación de flujos opuestos:** “Siempre serán de color amarillo y se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de carriles para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el eje central” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 11).

Este tipo de líneas se subdivide en:

- **Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta:** “Estas líneas deben ser de color amarilla, y pueden ser traspasadas siempre y cuando haya seguridad, se emplean donde las características geométricas de la vía permiten el rebasamiento y los virajes” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 12).

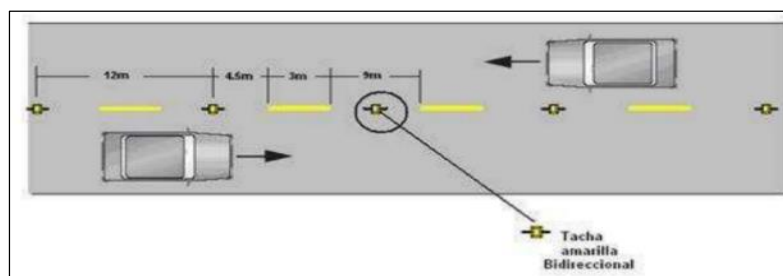
Tabla 92: Relación señalización lineal de separación de circulación opuesta segmentada.

Velocidad máxima de la vía (Km/h)	Ancho de la línea (mm)	Patrón (m)	Relación señalización brecha
Menor o igual a 50	100	12,00	3 - - 9
Mayor a 50	150	12,00	3 - - 9

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

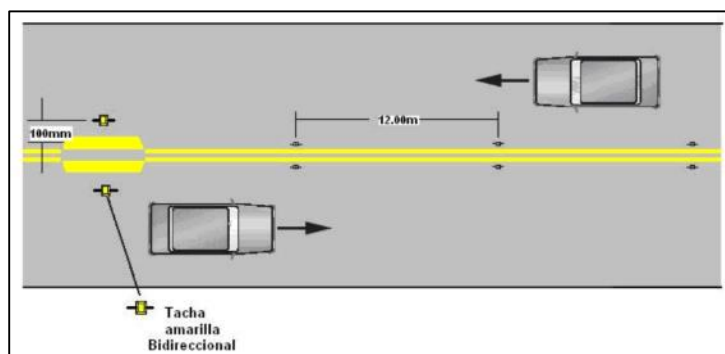
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el presente estudio en función a la velocidad máxima determinada en el diseño geométrico de 35 Km/h, se toma como opción la velocidad máxima menor o igual a 50 km/h, con un ancho de la línea de 100 mm, un patrón de 12,00 m y una relación de señalización de brecha de 3-9.



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.
Figura 56: Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.

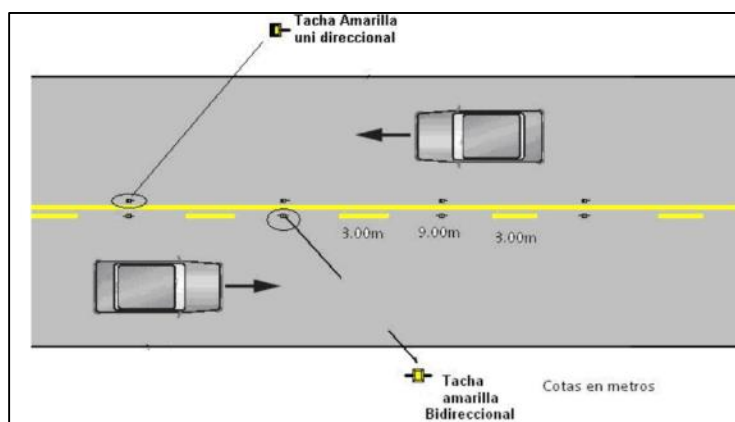
- **Doble línea continua (línea de barrera):** “Las líneas de separación de carriles de circulación opuesta continuas dobles consisten en dos líneas amarillas paralelas, de un ancho de 100 a 150 mm con tachas a los costados, separadas por un espacio de 100 mm. Se emplean en calzadas con doble sentido de tránsito, en donde la visibilidad en la vía se ve reducida por curvas, pendientes u otros, impidiendo efectuar rebasamientos o virajes a la izquierda en forma segura” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 13).



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.
Figura 57: Doble línea continua (línea de barrera), con ejemplo de tachas a 12,00 m

- **Doble línea mixta:** “Consiste en dos líneas amarillas paralelas, una continua y la otra segmentada, de un ancho mínimo de 100 mm cada una, separadas por un espacio de 100 mm. Los vehículos siempre que exista seguridad pueden cruzar desde la línea segmentada para realizar rebasamientos; es prohibido cruzar desde la línea

continua para realizar rebasamientos” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 13).



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Figura 58: Doble línea mixta: continua y segmentada

- **Líneas de separación de carriles:** “Las líneas de separación de carril contribuyen a ordenar el tráfico y posibilitan un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y son de color blanco, indicando la senda que deben seguir los vehículos” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 19).

Este tipo de línea se subdivide en:

- **Línea segmentada vía de dos carriles:** “La relación entre el tramo demarcado y la brecha de una línea de separación de carril segmentada varía según la velocidad máxima de la vía” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 19).

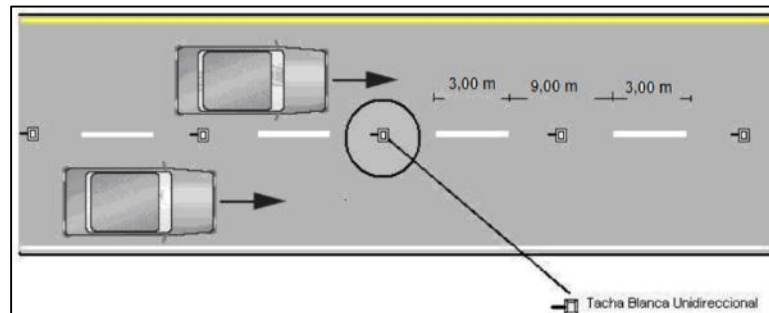
Tabla 93: Relación señalización / Línea de espaciamiento de carril.

Velocidad máxima de la vía (Km/h)	Ancho de la línea (mm)	Longitud de la línea pintada (m)	Espaciamiento de línea (m)
Menor o igual a 50	100	3,00	9,00
Mayor a 50	150	3,00	9,00

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Para el diseño de señalización del estudio en función a la velocidad máxima determinada en el diseño geométrico de 35 Km/h, se toma como opción la velocidad menor o igual a 50 km/h, con un ancho de la línea de 100 mm, una longitud de la línea pintada de 3,00 m y un espaciamiento de línea de 9,00 m.



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Figura 59: Líneas de separación de carriles segmentados

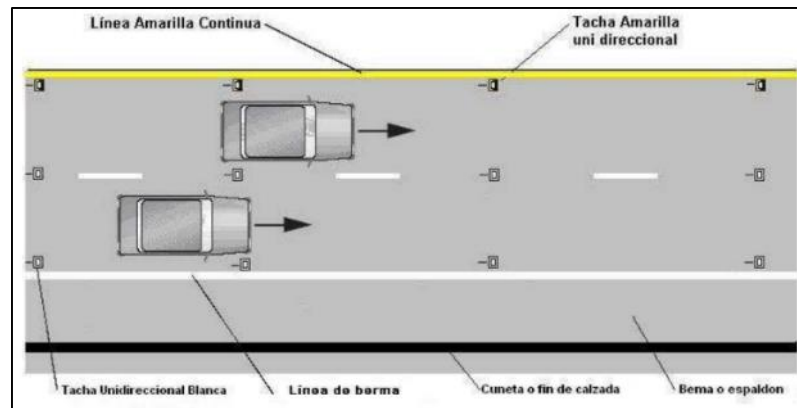
- **Líneas de separación de carril continuas:** “Las líneas de separación de carril continuas se utilizan para segregar ciclo vías y carriles de solo BUS del resto del flujo vehicular en el mismo sentido de circulación y son de color blanco” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 20).

- **Líneas de borde de calzada:** “Estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente respecto de este. Cuando un conductor es encandilado por un vehículo que transita en el sentido contrario, estas señalizaciones son la única orientación con que aquella cuenta, por lo que son imprescindibles en carreteras, vías rurales y perimetrales” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 24).

Este tipo de líneas se subdivide en:

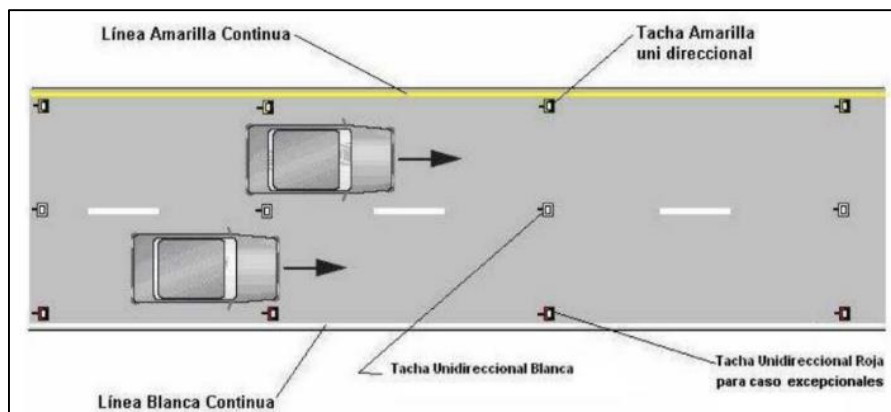
- **Líneas de borde de calzada continua:** “Estas líneas continuas son las más usadas para señalar el borde de la calzada; su ancho mínimo en vías urbanas debe ser

de 100 mm y en autopistas y carreteras de 150 mm” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 24).



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

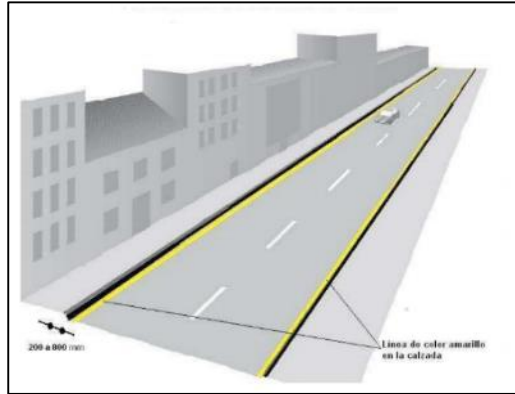
Figura 60: Líneas continuas de borde, con espaldón o berma



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Figura 61: Líneas continuas de borde, sin espaldón o berma

- **Líneas de prohibición de estacionamiento:** “Esta señalización indica la prohibición de estacionar permanentemente a lo largo de un tramo de vía a menos que se indique un horario de restricción, su color amarillo, y debe ser desmarcada sobre la calzada junto a los bordillos” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 25).



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Figura 62: Línea de prohibición de estacionamiento en calzada

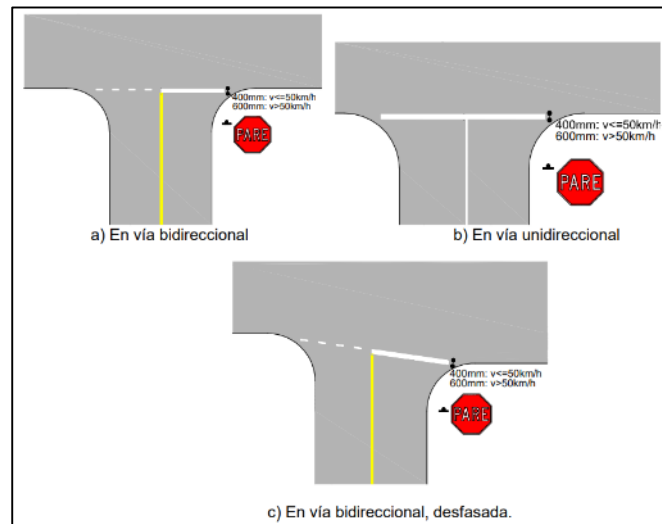
- **Transiciones por reducción o ampliaciones de carriles:** “Cuando el ancho de la calzada se reduce o aumenta el número de carriles disponibles, se debe señalizar una zona de transición con líneas de separación y de borde de calzada convergentes que indiquen al conductor dicha reducción o aumento siempre debe terminarse al carril derecho” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 27).

- b) **Líneas Transversales:** “Se emplean fundamentalmente en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para señalizar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 6).

Las líneas transversales se dividen en:

- **Líneas de pare:** “Es una línea continua demarcada en la calzada ante la cual los vehículos deben detenerse. En vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 50 Km/h el ancho debe ser de 400 mm; en vías con velocidades superiores el ancho es de 600 mm” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 28).

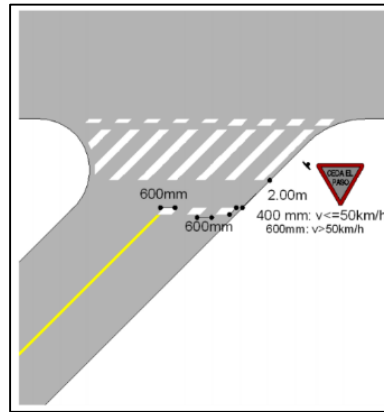
Para el proyecto como se tiene la velocidad de diseño de 35 Km/h el ancho de la línea de pare será de 400 mm.



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.
Figura 63: Línea de pare en intersección con señal vertical de pare

- **Línea de ceda el paso:** “Esta línea indica la posición segura para que el vehículo se detenga, si es necesario. Es una línea segmentada de 600 mm pintado con espaciamiento de 600 mm, en vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 50 Km/h el ancho debe ser de 400 mm; en vías con velocidades superiores el ancho es de 600 mm, demarcada a través de un carril que se aproxima a un dispositivo de control de tránsito” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 34).

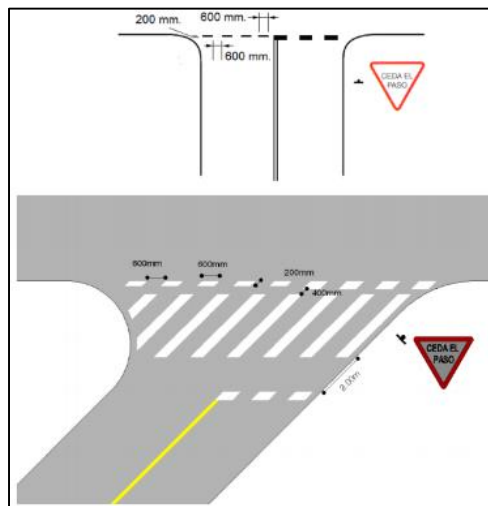
Para el proyecto con respecto a la velocidad de diseño de 35 Km/h se tendrá un ancho de la línea de ceda el paso de 400 mm y será segmentada cada 60 mm pintado con espaciamiento de 600 mm.



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Figura 64.: Línea ceda el paso en vía bidireccional.

- **Línea de detención:** “Esta línea indica a los conductores que viran en una intersección, el lugar donde deben detenerse y ceder el paso a los peatones; y, al peatón el sendero seguro de cruce. Es una línea segmentada de 600 mm por 200 mm de ancho, con espaciamiento de 600 mm. Se desmarca en intersecciones controladas con señales de pare o ceda el paso a través del lado izquierdo en la aproximación de una vía menor y alineada con la línea de pare o ceda el paso” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 40) .

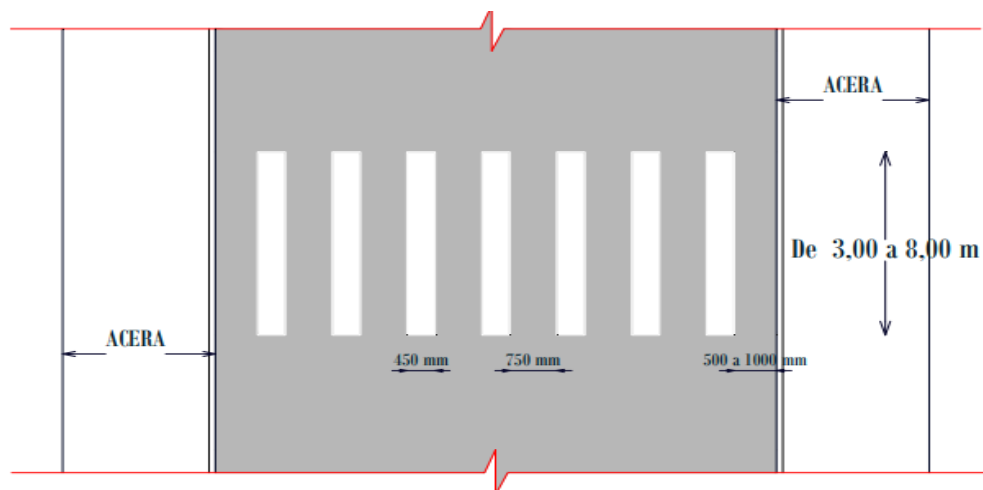


Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Figura 65: Línea de detención

- **Línea de cruce peatonal:** “Esta señalización indica la trayectoria que deben seguir los peatones al atravesar una calzada; se demarcaran en todas las zonas donde existe un conflicto peatonal y vehicular, y/o donde existen altos volúmenes peatonales” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 40).

“Está constituida por bandas paralelas al eje de calzada de color blanco, con una longitud de 3,00 m a 8,00 m, ancho de 450 mm y la separación de bandas de 750 mm. Se debe iniciar la señalización a partir del bordillo o borde de la calzada a una distancia entre 500 mm y 1000 mm, tendiendo al máximo posible, esta distancia se utilizará para ajustar al ancho de la calzada” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 41).



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

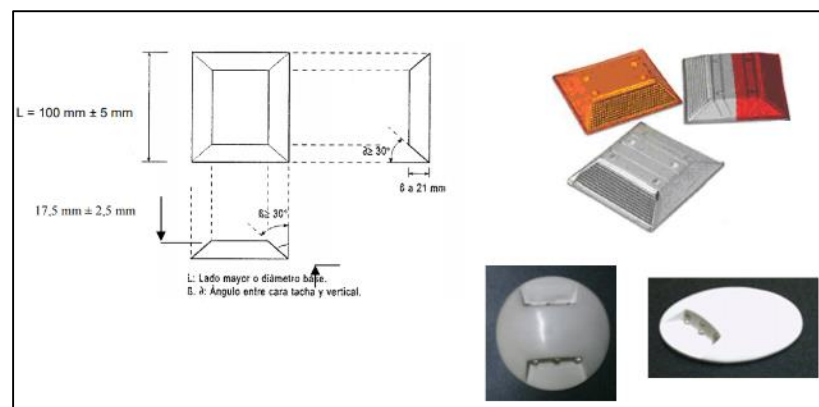
Figura 66: Línea de paso peatonal

c) **Símbolos y Leyendas:** “Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Se incluye en este tipo de señalización, flechas, triángulos ceda el paso y leyendas tales como pare, bus, carril exclusivo, solo trole, taxis, parada bus, entre otros” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 6).

d) **Otras señalizaciones:** “como chevrones, etc. (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 6)

2. Clasificación según su altura

“Son señalizaciones de más de 6 mm y hasta 200 mm de altura, utilizadas para complementar la señalización horizontal. El hecho de que esta señalización sea elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por la luz proveniente de los focos de los vehículos, aun en condiciones de lluvia, situación en la cual generalmente, la señalización plana no es eficaz” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 6).



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Figura 67: Demarcadores (ojos de gato, tacha)

“Distancia de visibilidad de rebasamiento en una curva horizontal: Es aquella que se mide a lo largo del centro del carril más a la derecha en el sentido de circulación, entre dos puntos que se encuentran 1.10 m sobre la superficie del pavimento, en la línea tangencial el radio interno u otra obstrucción que recorte la visibilidad dentro de la curva” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 16).

A continuación, se especifican las distancias tanto de visibilidad y de rebasamiento mínimo:

Tabla 94: Distancia de visibilidad.

Velocidad de diseño (Km/h)	Velocidad del vehículo a ser rebasado (Km/h)	Velocidad de rebasamiento (Km/h)	Distancia de visibilidad mínima (m)
30	29	44	217
35	33	48	251
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	407
70	59	74	482
80	65	80	541
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	728
120	91	106	792

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 95: Distancia de rebasamiento mínimo.

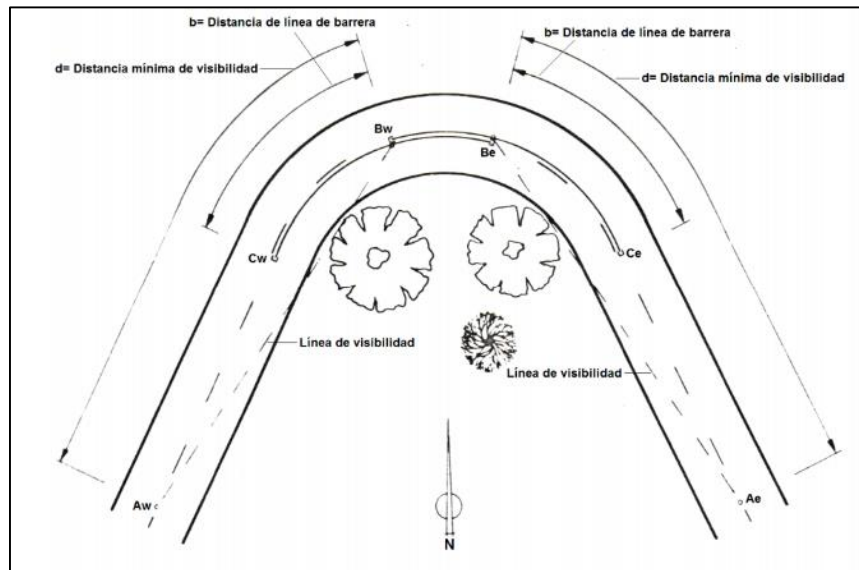
Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de rebasamiento mínima (m)
30	80
35	95
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

“Las zonas de NO REBASAR deben ser indicadas mediante señalización horizontal y señales verticales; la primera se extiende a lo largo de todo el tramo en que rige la prohibición y las segundas se instalan donde se inicia la restricción” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 17).

Para el presente proyecto la velocidad del vehículo a ser rebasado será de 33 km/h, una velocidad de rebasamiento de 48 km/h, una distancia de visibilidad mínima de 251 m y una distancia de rebasamiento mínima de 95 m, esto con respecto a la velocidad de diseño del proyecto de 35 km/h.



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011.

Figura 68: Zonas de no rebasar en curva horizontal.

8.2 Señalización vertical

“Las señales de tránsito se utilizan para ayudar al movimiento seguro y ordenado de tránsito de peatones y vehículos. Contienen instrucciones las cuales deben ser obedecidas por los usuarios de las vías. Cada una de las señales deben cumplir y satisfacer una necesidad; ser visible y llamar la atención del usuario vial; contener, transmitir un mensaje claro y simple; inspirar respeto y colocarse de modo que brinde el tiempo adecuado para una respuesta del usuario vial” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 6).

- Clasificaciones de las señales verticales

1) **Señales regulatorias (Código R):** “Regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta de cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción de tránsito” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 7).

Las respectivas señales regulatorias que se empleara para el presente proyecto son las siguiente:

a) **Serie de movimiento y dirección (R2):** “Obligación de los conductores a circular solo en la dirección indicada por las flechas de las señales” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 19).

- **No rebasar (R2-13):** “Esta señal se utiliza para indicar la prohibición de efectuar la maniobra de rebasamiento en vía con un solo carril de circulación en cada sentido. En vías pavimentadas, se debe complementar con la respectiva señalización horizontal. Siempre se debe colocar esta señal a ambos lados de la vía, ya que los conductores que deseen efectuar dicha maniobra dirigen una visión hacia la izquierda buscando la oportunidad de realizarla” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 24).



Código No.	Dimensiones (mm)
R2-13 A	600 x 600

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.

Figura 69: Señal regulatoria de No Rebasar

b) Serie de límites máximos – R4

- **Límite máximo de velocidad (R4-1):** “Esta señal se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía, cuando dicho límite difiere de los establecidos en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial y su Reglamento General de Aplicación” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 36).



R4-1

Código No.	Dimensiones (mm)
R4-1 A	600 x 600

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.

Figura 70: Señal regulatoria de velocidad máxima

2) **Señales preventivas (Código P):** “Advierten a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 7).

Para determinar las dimensiones es importante contar con la velocidad de circulación de la vía, la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 96: Dimensiones de señales preventivas.

85 percentile velocidad Km/h	Dimensión (mm) de la señal
menos de 60	600 x 600
70 - 80	750 x 750
más de 90	900 x 900

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.

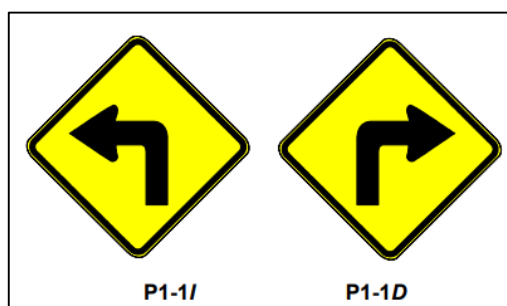
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

“Una señal preventiva debe colocarse generalmente al lado derecho de la calzada y disponerse de modo que transmitan su mensaje en la forma más eficiente, sin obstrucción lateral ni distancia de visibilidad restringida. En áreas rurales, las señales deben colocarse a no menos de 75 m ni más de 225 m delante del sitio de riesgo” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 50).

Las señales preventivas se clasifican en las siguientes series:

a) **Serie de alineamiento (P1):** Se instalan en aproximaciones a curvas horizontales. La selección hecha depende de las velocidades de aproximación y de la geometría de la vía.

- **Curva Cerrada izquierda (P1-I), derecha (P1-D):** “Estas señales indican la aproximación a curvas cerradas; y se instalan antes de una curva con ángulo de viraje \leq a 90° ; una señal aconsejada de velocidad R4-1 (límite de máxima velocidad) debe acompañar esta señal” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 51).

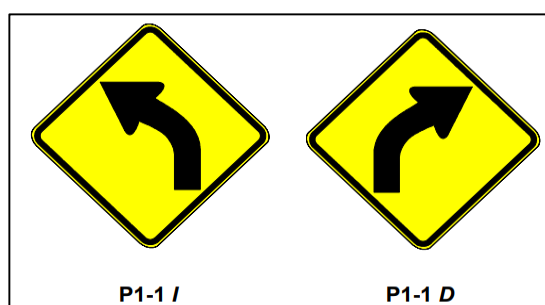


Código	Dimensiones (mm)
P1-1A (I ó D)	600 x 600

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.

Figura 71: Señal preventiva de curva cerrada izquierda y derecha

- **Curva abierta izquierda (P1-2I) derecha (P1-2D):** “Indican la aproximación a curvas abiertas; y se instalan en aproximaciones a una curva abierta a la izquierda o derecha. De acuerdo con las circunstancias puede complementarse con una señal aconsejable de velocidad R4-1” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 51).



Código	Dimensiones (mm)
P1-2A (I ó D)	600 x 600

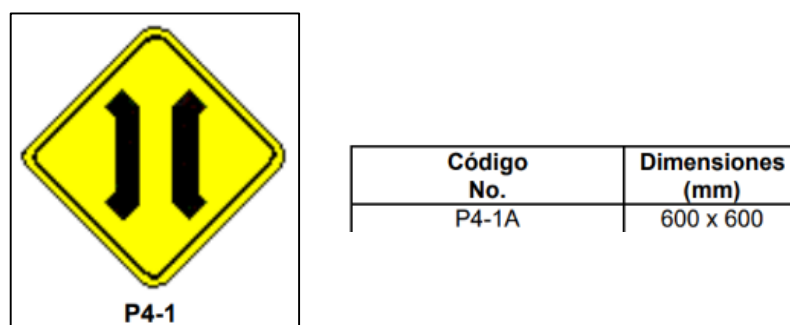
Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.

Figura 72: Señal preventiva de una curva abierta izquierda y derecha.

b) **Serie de anchos, alturas, largos y pesos (P4):** “Estas señales previenen al conductor de la existencia más adelante de limitaciones en el ancho, altura, largos y

peso que tiene la calzada de circulación” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 67).

- **Puente angosto (P4-1):** “Esta señal debe ser utilizada siempre que adelante exista un puente cuyo ancho sea menor a la calzada de circulación” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 67).



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.

Figura 73: Señal preventiva de puente angosto.

3) **Señales de información (Código I):** “Informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 7).

Las señales de información se dividen en las siguientes series:

a) **Serie anticipada de advertencia de destino (I1-2):** “Estas señales dan al conductor información previa de los destinos que tiene adelante mostrando nombres y lugares, símbolos e instrucciones para indicar direcciones y rutas. Las dimensiones mínimas de letras para las leyendas de señales de destino en vías rurales y urbanas de doble vía con un solo carril en cada sentido, letra mayúscula 160 E modificado con letras minúsculas de 120 mm” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 95).



Código No.	Dimensiones (mm)
D	1800 x 600

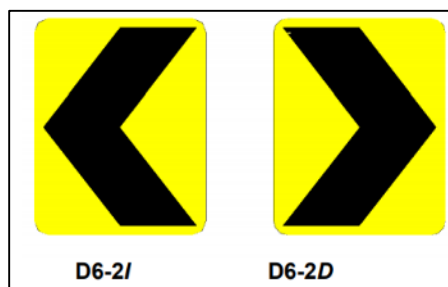
Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Figura 74: Señal informativa de advertencia de destino.

b) **Serie de alineamientos horizontales (D6):** “Esta señal se utiliza para indicar el cambio de rasante en el sentido de circulación que debe seguir el conductor. Se utiliza en radio de curvas cerradas pudiendo ser a izquierda a derecha según el alineamiento de la curva” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 133).

- **D6-2 (I o D):** “Esta señal se utiliza para indicar el cambio de rasante en el sentido de circulación que debe seguir el conductor. Se utiliza en radio de curvas abiertas pudiendo ser a izquierda o derecha según el alineamiento de la curva” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 134).



Código No.	Dimensión (mm)
D6-2A (I o D)	600 x 750

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.

Figura 75: Señal informativa de delineadores de curva horizontal.

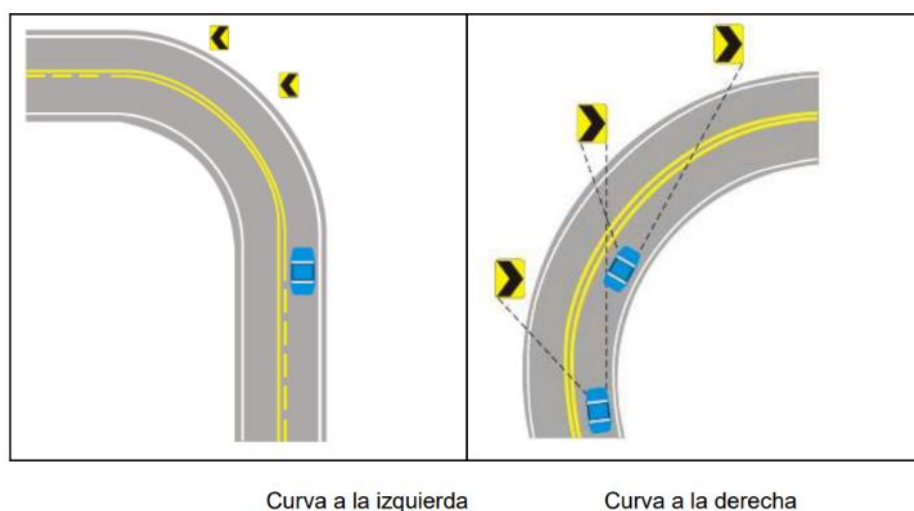
- **Espaciamiento:** “En curvas y en las tangentes de entrada y salida de estas, el espaciamiento de los delineadores de curva horizontal deberá ser tal que sean visibles para el conductor, como mínimo, tres (3) delineadores a la vez” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 135).

Para el proyecto se determinará el espaciamiento en función del radio de curvatura de la vía diseñada, como lo indica la siguiente tabla:

Tabla 97: Espaciamiento máx. de delineadores de curva horizontal, de acuerdo con el radio de curvatura

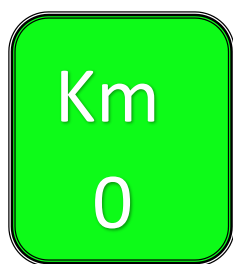
Radio de curvatura (m)	Espaciamiento en curva (m)
15	8
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.
Figura 76: Ubicación longitudinal de los delineadores de curva horizontal.

c) **Serie de postes de kilometraje:** “Los postes de kilometraje se emplearán para indicar la distancia recorrida en la vía, desde un punto de partida a un punto final establecido de acuerdo con la clasificación de la red vial estatal determinado por el MTOP” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 137).



Código No.	Dimensión (mm)
D	450 x 600

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.
Figura 77. Señalización informativa de postes de kilometraje.

4) **Señales especiales delineadoras (Código D):** “Delinean al tránsito que se aproxima a un lugar con cambio brusco (ancho, altura y dirección) de la vía, o la presencia de una obstrucción en la misma” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011, pág. 7).

8.3 Reductores de velocidad

“Son elementos, reformas geométricas, materiales de pavimento, dispositivos contruidos o fijados en la calzada, que sirven para disminuir la velocidad de diseño y/o operación a velocidades más bajas y seguras para proteger a los peatones, sin llegar a la detención o parada total del vehículo; también para desincentivar la utilización de ciertas vías por seguridad” (Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 77).

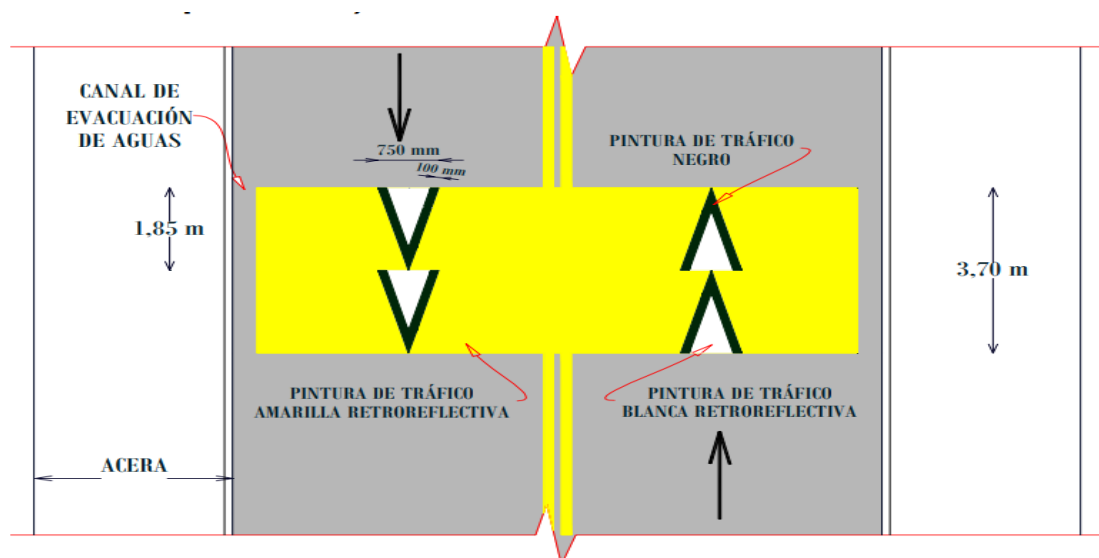
Para el proyecto se ha escogido el siguiente tipo de reductor de velocidad, que se indica a continuación:

1) **Resalto:** “Este dispositivo podrá utilizarse en zonas escolares, en intersecciones con altos índices de accidentabilidad; en cruces donde es necesario proteger al flujo peatonal y en diversos tipos de vías donde sea indispensable disminuir la velocidad, aproximadamente a no más de 25 km/h con que circulan los vehículos; para disminuir el riesgo de accidentes y elevar el margen de seguridad vial en el sector,

debiendo cumplir con todos los requisitos detallados en este Reglamento Técnico Ecuatoriano” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 85).

- **Los requisitos para instalar un resalto son:** “Debe existir el requerimiento de la comunidad; El flujo vehicular de la vía debe ser menor a 500 vehículos/h; Este dispositivo no puede ser instalado sin la autorización expresa y por escrito de la entidad de control competente” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 85).

- **Las dimensiones que debe tener el resalto son:** “Ancho entre 3.50 m – 3.70 m; Altura entre 80 mm a 100 mm con respecto a la calzada; El largo depende del ancho de la calzada; Pendiente máxima de ingreso y salida del 8%” (Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2, 2011, pág. 85).



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1, 2011.
Figura 78: Resalto en calzada bidireccional de circulación.

8.4 Especificaciones técnicas y normativas INEN

Para el proyecto en lo que respecta a las especificaciones técnicas se obtuvo información del Ministerio de Transporte y Obras Publicas 2012, (VER ANEXO N° 13 Planos de señalización), la misma que se describe a continuación.

1) Señalización Horizontal: “Las superficies en las cuales las marcas serán aplicadas, estarán limpias, secas y libres de polvo, de suciedad, de acumulación de asfalto, de grasa u otros materiales nocivos. Todas las marcas presentarán un acabado nítido uniforme, y una apariencia satisfactoria tanto de noche como de día, caso contrario, serán corregidos por el Contratista hasta ser aceptadas por el Fiscalizador y sin pago adicional” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 757).

- Medición y pago: Tanto la medición para el pago de cada uno de los rubros se lo realizara de la siguiente manera:

a) **Método lineal:** “Las cantidades a pagarse serán aquellas medidas linealmente en metros o kilómetros de marcas en el pavimento, y se medirán sobre la línea eje del camino o sobre las franjas, de principio a fin, sean estas entrecortadas o continuas” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 760).

b) **Método Unitario:** “La cantidad a pagarse será el verdadero número de unidades (tales como flechas, símbolos, leyendas, MPS, etc.) de los tipos y tamaños especificados en el contrato, que han sido suministrados, terminados y aceptados por el Fiscalizador” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 761).

2) Señalización Vertical: Cada una de las señales deben cumplir con cada uno de los requisitos indicados en el RTE INEN 004, como es su diseño, altura y ubicación.

a) **Instalaciones de postes:** “Los postes y astas se colocarán en huecos cavados a la profundidad requerida para su debida sujeción, conforme se indique en los planos. El material sobrante de la excavación será depositado de manera uniforme a un lado

de la vía, como lo indique el Fiscalizador” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 768).

“El espacio anular alrededor de los postes se rellenará hasta el nivel del terreno con suelo seleccionado en capas aproximadamente 10 centímetros de espesor, debiendo ser cada capa humedecida y compactada a satisfacción del Fiscalizador, o con hormigón de cemento Hidráulico, de acuerdo a las estipulaciones de los planos o a las especificaciones especiales” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 768).

b) Instalación de placas para señales: “Las placas o laminas para señales se montarán en los postes, de acuerdo con los detalles que se muestren en los planos. Cualquier daño a los tableros, sea suministrado por el Contratista o por el Ministerio, deberá ser reparado por el Contratista y a satisfacción del Fiscalizador. El tablero dañado por el Contratista será reparado o reemplazado a costo del Contratista” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 768).

- **Medición y Pago:** “Las cantidades a pagarse por las señales colocadas al lado de la carretera, serán las unidades completas, aceptablemente suministradas e instaladas” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 769).

“Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán al precio contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro, fabricación, transporte e instalación de las señales colocadas al lado de las carreteras” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 769).

8.5 Materiales a ser utilizados en la señalización horizontal y vertical

En lo que respecta a los materiales el Ministerio de Transporte y Obras Publicas establece lo siguiente:

1) **Pinturas para señalamiento del tránsito:** “La pintura empleada será señalamiento del tránsito será del tipo apropiado para la aplicación en superficies que soportan tráfico, tales como pavimentos rígidos y flexibles, adoquines y mampostería o muros de hormigón de cemento hidráulico. Se aceptará solamente pintura de color blanco o amarillo para este propósito, la cual debe cumplir lo establecido en la norma INEN 1.042” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 980).

2) **Las láminas de las señales:** “Serán de aluminio anonizado de 2 mm irán montadas en postes de tubo cuadrado de hierro galvanizado de 50,8 mm de lado y 2 mm de espesor. Para el caso de delineadores de curva (chevrone) los postes serán del mismo tipo pero las láminas de 3 mm de espesor y el poste tendrá la altura necesaria para que la parte baja de la señal este a 1.5 m por encima del nivel de la calzada” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 768).

3) **Los postes:** “Serán contruidos de tubos de acero o perfiles estructurales y deben cumplir los requisitos estipulados en el numeral 823-2 de estas especificaciones. Los postes podrán ser galvanizados o pintados, según se indique en las disposiciones especiales. Sus dimensiones serán indicadas en los planos” (Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12, 2012, pág. 985).

CAPÍTULO 9

9. EVALUACIÓN AMBIENTAL

9.1 Antecedentes

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana con el objetivo de brindar una solución a la problemática de movilización de la población de la Pre-Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, se realizó el respectivo diseño vial de la vía que interconecta estas dos comunidades antes mencionadas, la cual tiene una longitud de 6.138 km, donde por medio de un análisis y respectivo cálculo se determinó a la vía como un camino vecinal tipo clase IV, para la cual se adoptó un diseño de pavimento flexible para un periodo de 20 años, las obras de drenaje para la vía en estudio tanto longitudinal como transversal se las diseño cumpliendo cada uno de los parámetros indicados en la normativa.

Es indispensable contar con el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, con la finalidad de mitigar cada uno de los efectos que conlleva la ejecución del proyecto vial, de esta manera es fundamental valorar el área posiblemente afectada y así contar con un diagnóstico ambiental.

9.2 Diagnóstico de la situación

Tanto la Pre Cooperativa Mariscal Sucre y la Comunidad Brisas del Jivino pertenecen al sector rural de la Parroquia La Joya de los Sachas, en donde en la mayoría de la cobertura vegetal y uso de suelo pertenece a la intervención (Pastos y cultivos) y un porcentaje menor a Bosque de tierra firme, tal y como se muestra en el siguiente gráfico:

9.2.1 Área de influencia socio económica.

Nuestro proyecto se encuentra en un punto importante, el cual permite la comunicación de la Provincia de Orellana y Provincia de Nueva Loja, por lo cual en la gran mayoría de los pobladores se dedican a la agricultura y ganadería, en donde el área de influencia abarca tanto el Cantón Shushufindi perteneciente a la Provincia de Nueva Loja, así como también el Cantón La Joya de los Sachas y el Cantón Francisco de Orellana pertenecientes a la Provincia de Orellana, ya que son los destinos principales donde se comercializan sus productos en los diferentes mercados.

Como se habían indicado anteriormente el sector petrolero de la misma forma tiene la misma área de influencia entre estas dos Provincias e indirectamente con el país.

9.3 Ubicación de la escombrera

La ubicación del proyecto en estudio se encuentra en el sector rural de la Parroquia La Joya de los Sachas, por lo cual no se cuenta con un depósito de escombros cercano al proyecto, lo que se realiza comúnmente debido a que es una zona agrícola y ganadera es a depositar el material desalojado en las propiedades de las personas que viven cerca o a su vez se realiza el depósito en zonas pantanosas como relleno.

9.4 Caracterización Ambiental

Según el acuerdo ministerial N° 028 con fecha 23 de febrero del 2015 del Ministerio del Ambiente, cataloga a nuestro proyecto a una categoría tipo II debido a que trata de una Rehabilitación Vial, y en el Catálogo de Categorización Ambiental Nacional en donde especifica en el código CCAN número 23.4.1.1.7 con descripción de Rehabilitación y Mejoramiento de autopistas, vías de primer orden, segundo y tercer orden.

Tabla 98: Catálogo de categorización ambiental nacional.

CÓDIGO CCAN	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	CATEGORÍA (I, II, III, IV)
23.4.1.1.3.2	Construcción de vías de segundo orden mayor a 10 Km	IV
23.4.1.1.3.3	Construcción de vías de segundo orden en zonas con importante valor físico, biótico, arqueológico, etc.	IV
23.4.1.1.3.4	Ampliación y rectificación de vías de segundo orden	II
23.4.1.1.3.5	Construcción de vías de segundo orden menor o igual a 3 Km	II
23.4.1.1.4	Construcción de vías de tercer orden	
23.4.1.1.4.1	Construcción de vías de tercer orden mayor a 3 Km y menor o igual a 10 Km	III
23.4.1.1.4.2	Construcción de vías de tercer orden mayor a 10 Km	IV
23.4.1.1.4.3	Construcción de vías de tercer orden en zonas con importante valor físico, biótico, arqueológico, etc.	IV
23.4.1.1.4.4	Construcción de vías de tercer orden menor o igual a 3 km	II
23.4.1.1.4.5	Ampliación y rectificación de vías de tercer orden	II
23.4.1.1.5	Construcción de caminos de herradura y de empalizado	
23.4.1.1.5.1	Construcción y/o ampliación de caminos de herradura y de empalizado mayor a 2 Km	II
23.4.1.1.6	Construcción de calles, aceras, ciclo vías y bordillos	
23.4.1.1.6.1	Construcción y/o rehabilitación y mejoramiento de calles, aceras, ciclo vías y bordillos	I
23.4.1.1.7	Rehabilitación y mejoramiento de autopistas, vías de primer, segundo y tercer orden	
23.4.1.1.7.1	Rehabilitación y mejoramiento de autopistas, vías de primer, segundo y tercer orden incluyendo Galápagos.	II

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2015.

“Según el Art. 26 De la categoría II (Licencia Ambiental categoría II), indica que, dentro de esta categoría, se encuentran catalogados los proyectos, obras o actividades cuyos impactos ambientales y/o riesgo ambiental, son considerados de impacto bajo” (Ministerio del Ambiente, 2015, pág. 18).

De tal manera se indican que para una obra de rehabilitación y mejoramiento vial se considera el sistema abiótico, sistema biótico y medio antrópico.

9.4.1 Sistema Abiótico.

- **Información Climática**

Dentro del límite de la Parroquia La Joya de los Sachas no se cuenta con una estación meteorológica, por lo cual para el proyecto se adoptó la estación M052 El Coca Aeropuerto ubicada en la zona 6 perteneciente a la Provincia de Orellana, la misma que es la Estación más cercana y con una mayor información histórica.

- **Precipitación**

“Los valores de pluviosidad de la zona comparados con los de otras regiones del país fueron elevados, generalmente mayores a 150 mm mensuales. Se pudo observar dos periodos húmedos que corresponden a los meses de febrero, julio y entre septiembre a diciembre, con un pico máximo en los meses de abril y mayo. En donde se tiene que en enero y agosto se presenta los periodos de menor precipitación, donde se obtiene el valor medio anual de precipitación de 3122.7 mm” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 41).

Tabla 99: *Precipitación media mensual (mm).*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media mensual	Minima mensual	Máxima mensual
Precipitación Promedio (mm)	187,4	238,1	299,6	318,4	327,4	304,9	237,6	173,8	215,7	266,0	289,4	264,4	260,2	0,9	753,0

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág.

42.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Mediante los datos registrados se pudo obtener la media de lluvia anual de 3122.7, una mínima de lluvia anual de 1546.6 y una máxima lluvia anual de 4430.7, como se indica a continuación:

Tabla 100: Valores característicos de pluviosidad anual (mm).

Estacion	Lluvia anual		
	Media	Mínima	Máxima
Coca Aeropuerto	3122,7	1546,6	4430,7

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 42.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

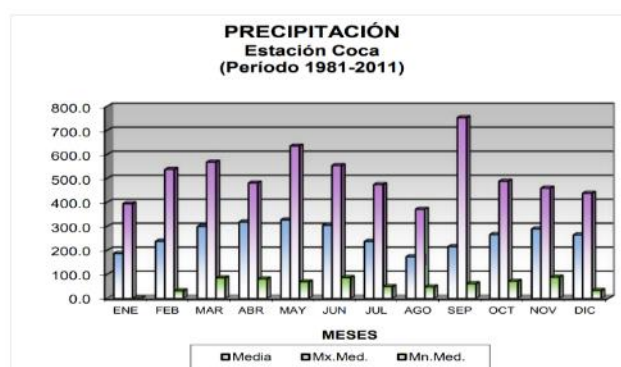
“De los valores obtenidos en el año 1981 en lo que respecta a la precipitación máxima en 24 horas de la Estación Coca, se puede determinar que la zona tiene presencia de lluvias intensas, las mismas que pueden saturar rápidamente los suelos e inundar los cauces y las áreas con deficiencia de drenaje” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 42).

Tabla 101: Información adicional relacionada con la pluviosidad.

Estación	Precipitación		Número de días con precipitación				
	Máxima en 24 horas	mm	Anual			Mensual	
			Medio	Mínimo	Máximo	Medio	Mínimo Máximo
Coca	1867,7		223	148	263	19	7 28
	(Julio 1981)						

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 42.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 42.

Figura 80: Histograma de precipitación Estación Coca Aeropuerto.

- **Temperatura**

“Según los registros obtenidos las temperaturas medias mensuales tienen una distribución uniforme al interior del año. Donde las mayores temperaturas se registraron entre los meses de septiembre hasta enero y las menores en el mes de julio. La estación Coca mostró una temperatura media anual de 26,7 °C” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 43).

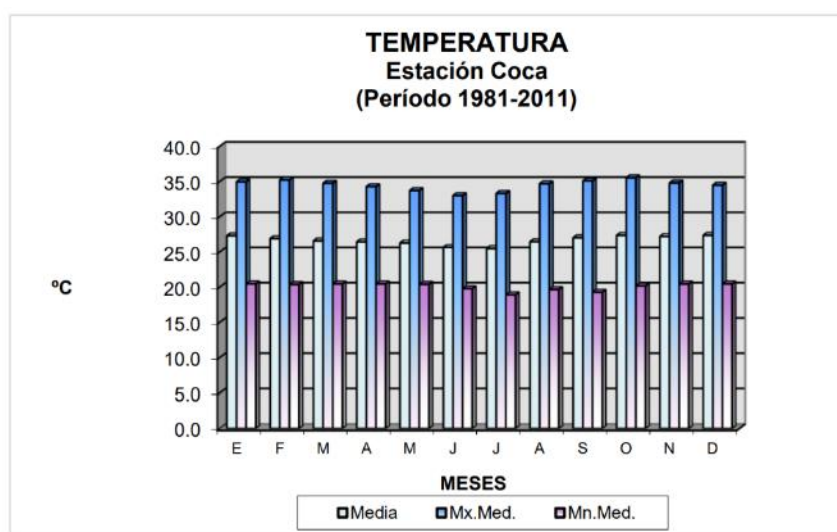
Tabla 102: *Temperatura media mensual y anual (°C), Estación Coca – Aeropuerto.*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual	Mx. Ab.	Mn. Ab.
Media	27,3	26,9	26,6	26,4	26,3	25,6	25,5	26,4	27,0	27,3	27,2	27,3	26,7	-	-
Mx. Med.	35,0	35,2	34,7	34,3	33,7	33,0	33,3	34,7	35,1	35,5	34,8	34,5	34,5	-	-
Mn. Med.	20,5	20,4	20,5	20,5	20,4	19,8	18,9	19,7	19,3	20,2	20,4	20,5	20,1	-	-
Mx. Abs.	36,7	37,0	36,5	36,4	36,2	34,7	35,2	37,1	37,5	38,2	36,6	36,6	35,7	38,2	33,9
Mn. Abs.	18,6	18,0	19,0	18,1	18,6	16,2	15,1	16,8	16,2	18,5	19,0	19,0	18,6	20,2	15,1

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág.

43.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág.

44.

Figura 81: Histograma de temperaturas Estación Coca-Aeropuerto.

- **Humedad Relativa**

“La Humedad relativa es la cantidad de vapor de agua expresada en porcentaje, que están presente en los estratos bajos de la atmósfera. En las estaciones de control regularmente se toman tres lecturas diarias: 07h00, 13h00 y 19h00” (Actualización y

Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 45).

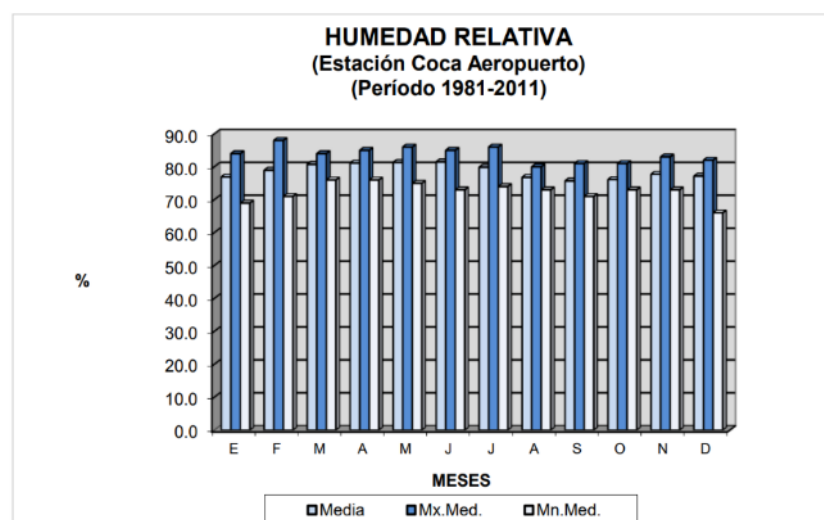
Tabla 103.: Valores medios mensuales de humedad relativa del aire en (%), Estación Coca-Aeropuerto.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual	Mx. Ab.	Mn. Ab.
Media	76,9	79,0	80,7	81,1	81,3	81,5	79,9	76,8	75,7	76,1	77,7	77,2	78,7	83,5	73,4
Mx. Med.	84,0	88,0	84,0	85,0	86,0	85,0	86,0	80,0	81,0	81,0	83,0	82,0	80,9	88,0	78,0
Mn. Med.	69,0	71,0	76,0	76,0	75,0	73,0	74,0	73,0	71,0	73,0	73,0	66,0	76,0	80,0	66,0

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág.

45.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág.

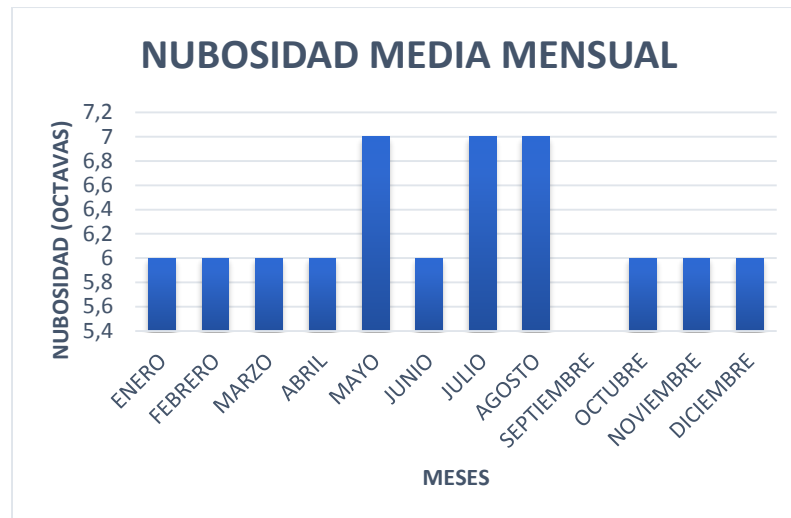
45.

Figura 82: Distribución mensual de humedad relativa.

- **Nubosidad**

“Se expresa en octavos de cielo cubierto. Se obtiene un valor medio diario en base a tres observaciones (07, 13 y 19 horas). La media mensual se calcula con un mínimo de 20 datos medios diarios” (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2017, pág. 8).

Para el presente proyecto se determinó los valores de nubosidad en referencia a la Estación Meteorológica código M1211 San José de Payamino, la misma que se encuentra cercana al sector.



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2017, pág. 126.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019

Figura 83: Nubosidad mensual Estación M1221 “San José de Payamino”.

En donde se tiene un promedio acerca de la nubosidad alrededor de 6 octavas, con lo que se puede concluir que se encuentra estable en todo el año.

- **Velocidad del viento**

“Para cada una de las ocho direcciones (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) se obtiene los valores medios mensuales de la velocidad en metros/segundos en base a los registros medios diarios calculados con las tres observaciones diarias. Igualmente se determina la frecuencia en porcentaje, con relación al total de observaciones de viento realizadas” (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2017, pág. 8).

Tabla 104: Velocidad media y frecuencias de viento Estación M1221 “San José de Payamino”

MES	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																		Vel Mayor Observada		VELOCIDAD MEDIA (Km/h)
	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Nro OBS			
	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	%		(m/s)	DIR	
ENERO	3.0	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	96	93	4.0	N	0.2
FEBRERO	4.0	1	0.0	0	2.0	1	0.0	0	2.0	1	0.0	0	2.0	2	0.0	0	94	84	4.0	N	0.2
MARZO																					0.3
ABRIL	3.0	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.0	2	0.0	0	3.0	2	0.0	0	93	90	6.0	S	0.2
MAYO																					0.2
JUNIO																					0.2
JULIO																					0.2
AGOSTO																					0.2
SEPTIEMBRE																					
OCTUBRE																					0.3
NOVIEMBRE	4.0	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.0	2	0.0	0	2.0	1	0.0	0	94	90	6.0	N	0.3
DICIEMBRE																					0.4
VALOR ANUAL																					

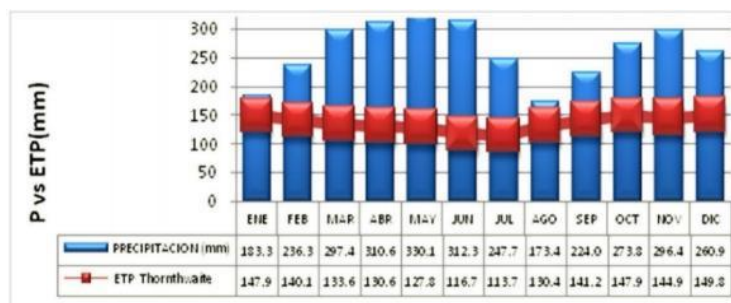
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2017, pág. 126.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019

En lo que respecta a la velocidad media de la tabla anteriormente indicada se tiene un valor de 0.2 Km/h en el sentido norte, datos obtenidos de la Estación M1221 San José de Payamino, la cual se encuentra cercana al proyecto.

• Balance Hídrico

“Para la determinación del balance hídrico y la clasificación climática se requiere conocer los valores de ETP. Los valores presentados de evapotranspiración han sido calculados usando la estación de Coca Aeropuerto, según la ecuación de Thornthwaite. En función de los correspondientes valores de horas de sol, temperatura e índices de calor, se ha estimado que la evaporación anual media de la estación Coca es 135,38 mm” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 48).



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 47.

Figura 84: Balance Hídrico – Estación Coca Aeropuerto.

Mediante la gráfica en función de la Precipitación y ETP, se puede notar que existen periodos excedentes, los cuales son entre los meses de marzo y julio.

- **Heliofanía**

“La heliofanía representa la duración del brillo solar u horas de sol, y está ligada al hecho de que el instrumento utilizado para su medición, heliofanógrafo, registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina que la radiación recibida por el instrumento sea radiación solar difusa, interrumpiéndose el registro. Por lo tanto, si bien hay energía incidente disponible, la concentración o densidad de esta no es suficiente para ser registrada” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 47).

Para hacer un análisis más concreto, es preferible hablar en porcentajes de radiación, lo que se logra considerando que el total de horas de sol en un mes puede ser de 360 h sol/mes (12 h sol/día x 30 días = 360 h sol/mes).

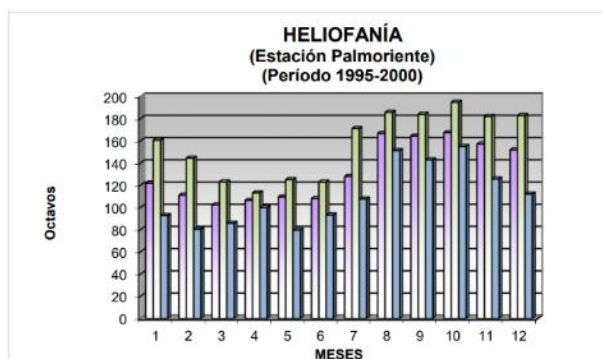
Tabla 105: *Valores medios mensuales de heliofanía, Estación Palmoriente Huashito.*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medios mensuales		
													Medio	Máximo	Mínimo
Media	122	111	102	106	110	108	128	167	164	167	157	152	132,9		
Mx. Med.	161	145	123	113	125	123	171	186	184	195	182	183		194,7	
Mn. Med.	93	81	86	100	80	93	108	151	143	155	126	112			79,6

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág.

46.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág.

46.

Figura 85: Histograma de heliofanía.

La Estación Palmoriente Huashito se encuentra ubicada cercana al proyecto, y se ha seleccionado por contar con la suficiente información de los datos de radiación solar total, donde se obtuvo un promedio de 36.67%.

- **Información geológica**

El proyecto se encuentra ubicado en zonas con inclinaciones regular, suave o ligeramente onduladas entre 5 – 12%. La mayoría de la zona del proyecto se encuentra sobre la unidad geomorfológica de Llanura Aluvial y una parte al final de la vía se encuentra sobre Terrazas.

En lo que respecta a la geología el proyecto en su totalidad se encuentra sobre la formación Chambira del periodo Mioceno – Plioceno, la misma que está conformada en gran mayoría de clastos de cuarzo con matriz arcilloso – arenosa cuarzosa.

- **Uso y cobertura del suelo**

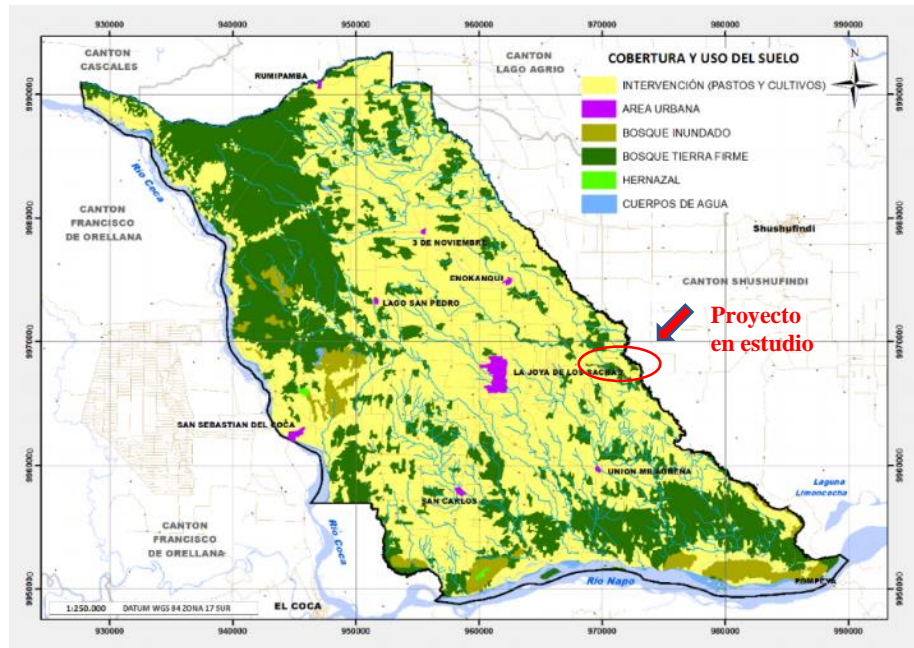
“El Cantón Joya de los Sachas, por estar situado en la Amazonia del Ecuador cuenta con una riqueza natural extensa, entre las cuales podemos mencionar Bosques inundados, Intervención (Pastos y Cultivos), Bosque de Tierra firme, Cuerpos de Agua y Herbazales” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 40).

Tabla 106: *Cobertura vegetal y uso de suelo 2013.*

Unidad de uso o cobertura vegetal	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosques inundados	4.150,80	3.45
Intervención (pastos y cultivos)	74.720,20	62.16
Bosque de tierra firme	37.747,60	31.40
Cuerpos de agua	3.497,70	2.91
Herbazales	96,20	0.08
Total	120.212,50	100.0

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 39.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.



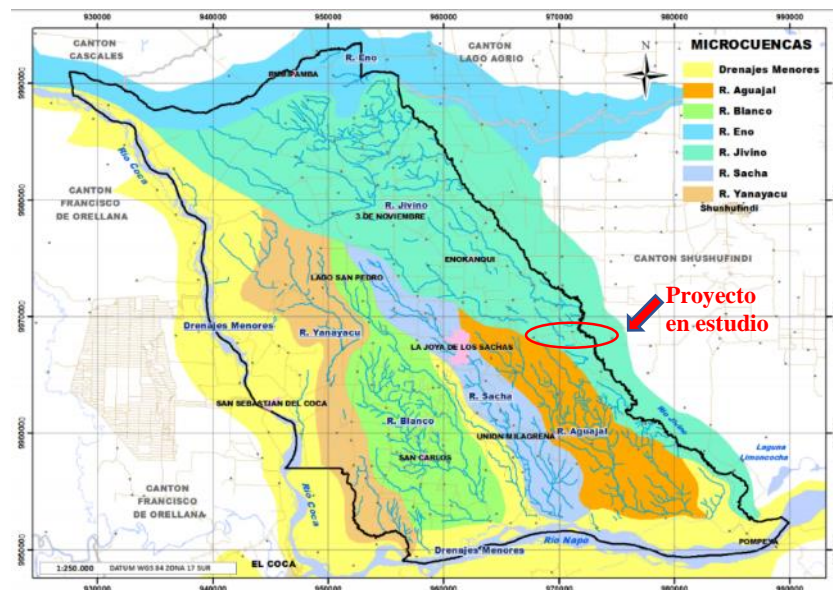
Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 39.

Figura 86: Cobertura vegetal y uso del suelo.

Como se puede apreciar en el mapa del Cantón La Joya de los Sachas, el sector del proyecto se encuentra predominantemente alrededor de la zona de Intervención (Pastos y Cultivos), ya que la mayoría de sus pobladores se dedican a la agricultura, en la siembra de: café, maíz, malanga, y otros productos más.

- **Recurso del agua**

“El territorio de La Joya de los Sachas, se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del Río Napo, a continuación se describen los principales ríos y drenes existentes en el cantón: Drenajes menores del río Coca, Río Jivino, Río Eno, Río Yanayacu, Río Blanco, Río Sacha, Río Aguajal, Drenajes menores del Río Napo y Ríos Principales” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 63).



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 64.

Figura 87: Cuencas hidrográficas del cantón La Joya de los Sachas.

Tabla 107: Principales cuencas hídricas del cantón La Joya de los Sachas.

Parroquia	Microcuenca	Subcuenca	Cuenca
San Sebastián del Coca/ San Carlos/ Unión Milagreña/ Pompeya	Drenajes menores	Río Coca	Río Napo
Rumipamba/ San Sebastián del Coca/ Tres de Noviembre/ Enokanqui/ Lago San Pedro/ La Joya de los Sachas/ Unión Milagreña/ Pompeya	Río Jivino	Río Jivino	Río Napo
Rumipamba/ San Sebastián del Coca	Río Eno	Río Aguarico	Río Napo
San Sebastián del Coca/ Lago San Pedro/ La Joya de los Sachas/ San Carlos	Río Yanayacu	Áreas menores	Río Napo
Lago San Pedro/ La Joya de los Sachas/ San Carlos/ Unión Milagreña	Río Blanco	Áreas menores	Río Napo
Lago San Pedro/ La Joya de los Sachas/ Unión Milagreña	Río Sacha	Áreas menores	Río Napo
La Joya de los Sachas/ Pompeya/ Unión Milagreña	Río Aguajal	Áreas menores	Río Napo

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 63.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

De acuerdo con la ubicación del proyecto se encuentra sobre la microcuenca hidrográfica del Río Jivino en su totalidad.

- **Microcuenca Hidrográfica Río Jivino:** “La microcuenca hidrográfica del Río Jivino cruza por las parroquias: Rumipamba, Tres de Noviembre, Enokanqui, Lago San Pedro, La Joya de los Sachas y Unión Milagreña; y se compone de microcuencas: río Jivino Verde, río Salvador, río Quinbilla, río Jivino Negro, río Palanta y río Jivino Rojo” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 62).

- **Suelo**

“El Mapa de Suelos elaborado por MAGAP-SIGTIERRAS, 2013, los clasifica según el Sistema Norteamericano SOIL TAXONOMY. Este sistema se basa primordialmente en la morfología de los suelos, descrita en términos de sus horizontes; utiliza cuatro categorías de clasificación, cada una de las cuales tiene sus propias características diferenciadoras” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 36) .

Las categorías que se mencionan anteriormente se jerarquizan desde un punto de vista más general hasta el más específico, las cuales respectivamente son: Orden, Sub Orden, Gran Grupo y Serie.

- **Orden:** “Permite agrupar los suelos de acuerdo a los procesos de formación indicados por la presencia o ausencia de horizontes diagnóstico” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 36).

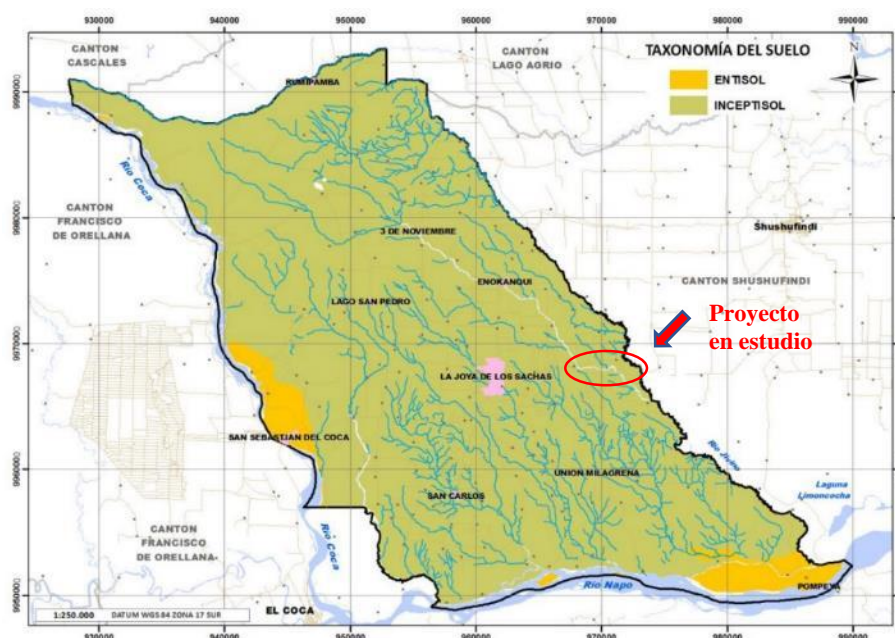
- **Sub Orden:** “Indica una homogeneidad genética; es una subdivisión de los órdenes de acuerdo a la presencia o ausencia de propiedades asociadas con la humedad

del suelo, material de partida dominante y efectos de la vegetación” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 36).

- **Gran Grupo:** “Subdivisiones de los subórdenes de acuerdo con la clase y disposición de los horizontes, temperatura y humedad del suelo; además presencia o ausencia de capas diagnósticas” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 36).

- **Serie:** “Son los suelos de cada subgrupo diferenciados por la clase y disposición de los horizontes, color, textura, consistencia o reacción de los horizontes, sus propiedades químicas y mineralógicas” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 36).

En función de las categorías antes mencionadas, en el cantón Joya de los Sachas predominan los suelos Tipo Entisoles y Inceptisoles, de acuerdo al mapa de suelos elaborado por el MAGAP-SIGTIERRAS 2013.



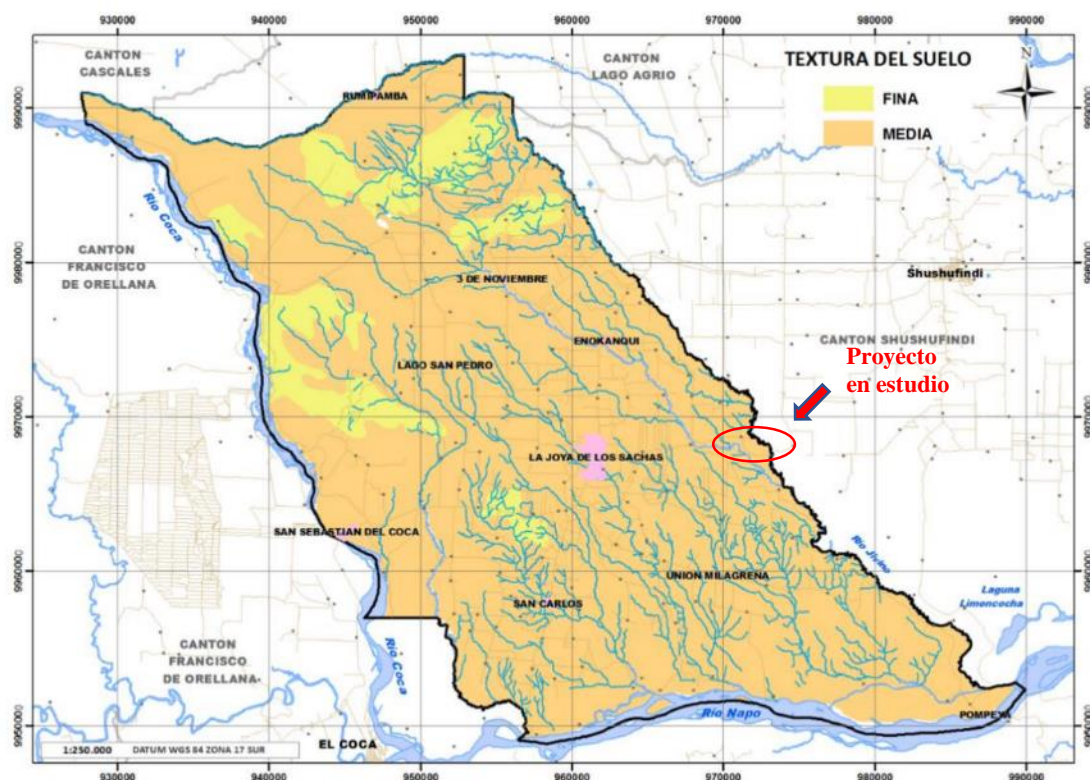
Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 38.

Figura 88: Tipos de suelos del cantón La Joya de los Sachas.

- **Inceptisoles:** “Se encuentran en las zonas de llanuras conformadas por sedimentos finos y con relieves planos y bien drenados. Tienen una potencia promedio de 1 a 4 m sobre las arcillas del sustrato. Suelos medianamente profundos, franco-arenosos, finos a franco-arenosos, de color negro en superficie a pardo oscuro en profundidad, alta retención de humedad y densidad aparente baja. Suelos con un pH de 6, es decir, son suelos ácidos con saturación de bases menor al 50%. Son suelos medianamente fértiles, fácilmente compactables” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 37).

- **Entisoles:** “Los Entisoles son suelos recientes con exceso de humedad, alta susceptibilidad a erosión hídrica, suelos débilmente desarrollados, sus limitaciones son el pobre desarrollo del perfil, la baja fertilidad y, a veces, el alto contenido de sales. Se los encuentra en cualquier tipo de clima y la vegetación va de acuerdo con el mismo, aunque la más característica es la de ribera en los valles aluviales, en el caso de La Joya de Los Sachas, éstos se ubican en reducidas áreas en las orillas del río Napo y del río Coca” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 37).

El proyecto en estudio se encuentra sobre el tipo de suelo Inceptisol en su totalidad, el cual tiene características que ya se mencionaron anteriormente, pero entre las principales tenemos que son suelos medianamente fértiles y de fácil compactación.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 38.

Figura 89: Texturas del suelo del cantón La Joya de los Sachas.

En lo que respecta a la textura del suelo del proyecto, mediante el mapa realizado por el MAGAP-SIGTIERRAS 2013, podemos determinar la textura del suelo como media.

9.4.2 Sistema Biótico.

- **Recurso Flora**

El área de estudio del proyecto se encuentra ubicado en la Parroquia Joya de los Sachas, en el sector rural donde interviene la Pre Cooperativa Mariscal Sucre y Brisas del Jivino, pertenecientes a la región 23 donde se tiene una extensa variedad de flora como: Aguacatillo (*Nectandra* sp.); Caimitillo (*Chrysophyllum aurantum*); Canelo (*Ocotea* sp.); Cedrillo (*Guarea ruagea*); Cedro (*Cedrela* sp.); Chanul (*Humiristrum procerum*); Chilca blanca (*Baccharis glutinosa*); Chonta (*Aiphanes caryotifolia*); Coco (*Virola* sp.); Copal (*Hymenaea curbaril*);

Floripondio (*Datura metel*); Guabo (*Inga edulis*); Guarumo (*Cecropia sp.*); Guayacán (*Tabebuia sp.*); Helecho de árbol (*Cyathea sp.*); Higuerón (*Ficus indica*); Laurel (*Cordia alliodora*); Manzano Colorado (*Guarea kunthiana*); Mata palo (*Phoradendron sp.*); Moral (*Trophis racemosa*); Motilón (*Hyeronima macrocarpa*); Musgo (*Sphagnum sp.*); Palmito (*Geonoma densa*); Platanillo (*Boconia frustencens*); Roble (*Roupala complicata*); Sangre de Drago (*Croton draconoides*); Sangre de Gallina (*Vismia baccifera*).

(Rivera, 2013, pág. 20)

- **Recurso Fauna**

La Amazonia es reconocida por su gran diversidad en fauna, pero hoy en día debido a la comercialización de especies silvestre pone en riesgo este factor, al momento existen instituciones encargadas a la vigilancia de esta problemática como es el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Dentro del área de intervención del proyecto tenemos las siguientes especies principales: Armadillo (*Dasypus novencintus*); Cabeza de mate (*Eira barbara*); Conejo (*Sylvilagus brasiliensis*); Danta (*Tapirus pinchaque*); Gato de monte, Guatuzo (*Dasypus punctatus*); Machin (*Cebus albifrons*) Mono aullador (*Alouatta seniculus*); Puma (*Felis concolor*); Venado (*Odocoileus virginianus*); Zorra (*Caluromys derbianus*). Aves: Águila, Guacamayo (*Ararauna*); Gallo de la peña (*Rhupicola peruviana*); Gavilán (*Buteo polyosoma*); Lora (*Pionus sordidus*); Perdiz (*Notoprocta curirostris*); Pilco (*Pharomacrus pavoninus*); Tórtola (*Zenaidura macroura*).

(Rivera, 2013, pág. 20)

9.4.3 Medio antrópico.

- **Localización y descripción de los asentamientos humanos**

“El Cantón La Joya de los Sachas está ubicado al noroeste de la Provincia de Orellana cuenta con una superficie de 120.212.5 hectáreas aproximadamente está compuesta por una parroquia urbana (La Joya de Los Sacha) y ocho parroquias rurales (San Sebastián del Coca, Tres de Noviembre, Unión Milagreña, San Carlos, Enokanqui, Rumipamba, Lago San Pedro, Pompeya)” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 104).

El sistema de asentamientos humanos del área urbana del cantón La Joya de los Sachas presenta limitaciones de orden vial, espacio público y reglamentación clara para el adecuado desarrollo de las actividades y convivencia de los habitantes, ya que por ser un cantón relativamente nuevo se encuentra en constante intervención de espacios y equipamientos que van generando nuevas centralidades e iconos urbanos que no han permitido establecer un tejido urbano racional y que responda a las necesidades y proyecciones del crecimiento ordenado de la ciudad.

(Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 97)

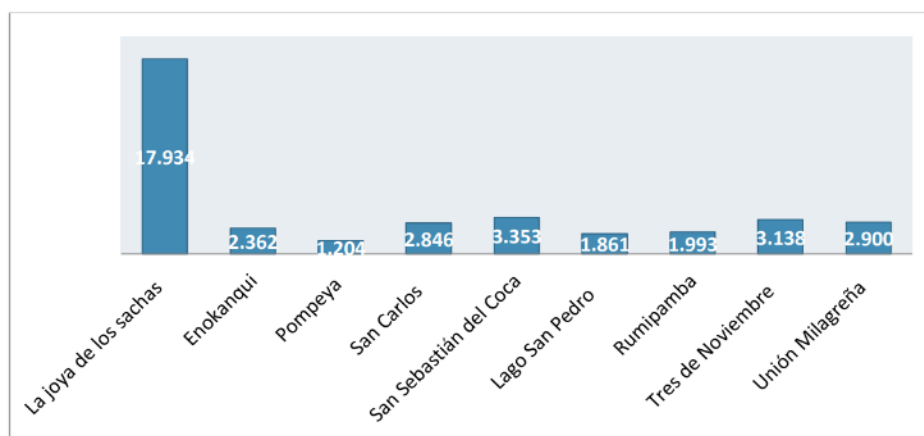
Tabla 108: Crecimiento poblacional a nivel urbano y rural del cantón La Joya de los Sachas.

Parroquia	1990	2001	2010
Urbano	2.519	5.822	11.480 hab
Rural	13.674	20.541	26.111 hab
Total	16.193	26.363	37.591 hab

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 105.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Durante los últimos 20 años como se puede notar en la tabla anteriormente indicada, la población del Cantón La Joya de los Sachas ha tenido un incremento considerable esto debido a factores como la migración de pobladores de otras provincias, ya que debido al sector petrolero y laboral hacen del cantón Joya de los Sachas un destino para un mejor por venir.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 105.

Figura 90: Distribución de población por parroquias

Tabla 109: *Densidad de población del cantón La Joya de los Sachas por circunscripciones parroquiales.*

Parroquia	Población	km2	Hab/km2
La Joya de los Sachas	17.934	196.37	91.32
Enokanqui	2.362	75.98	31.08
Pompeya	1.204	98.31	-
San Carlos	2.846	134.92	21.09
San Sebastián del Coca	3.353	284.38	11.79
Lago San Pedro	1.861	76.21	24.41
Rumipamba	1.993	73.22	27.27
Tres de Noviembre	3.138	124.61	25.18
Unión Milagreña	2.900	138.08	21

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 106.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Se puede notar que la Parroquia urbana La Joya de los Sachas tiene el mayor número de población en comparación con las parroquias rurales que conforman el Cantón La Joya de los Sachas, ya que su densidad poblacional es de 91.32 Hab/km².

- **Turismo**

La preparación en la búsqueda de impulsar otro tipo de actividades permitirá en un mediano plazo que personas interesadas en el tema del turismo, cuenten con mayores oportunidades de fomentar esta actividad. En la actualidad tanto sitios de hospedaje como servicios de alimentación –restaurantes y comedores- cuentan entre su mayoría con clientes que están relacionados con la explotación petrolera, lo que hace a esta actividad muy vulnerable y dependiente de este tipo de clientes. Es muy bajo el porcentaje de personas que usan este tipo de servicios con fines turísticos.

(Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 87)

El Cantón Joya de los Sachas debido a sus riquezas naturales cuenta con una variedad de lugares turísticos dotados de una infraestructura cómoda y amigable para los turistas, esto con el fin de priorizar el desarrollo económico del Cantón y la Provincia de Orellana, a continuación, se muestra los principales sitios turísticos del Cantón Joya de los Sachas:

Tabla 110: Turismo comunitario CTC y ETC – cantón La Joya de los Sachas.

Parroquia	Comunidad	Nombre del Proyecto	Legalización
Cantón La Joya de los Sachas			
Lago San Pedro	Lago San Pedro	Lago San Pedro	ETC
	Juan Montalvo	Yurak Pakcha	ETC
Joya de los Sachas	La Libertad	El Bejuquito	ETC
	Macareña	Macareña	ETC

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Orellana, 2015, pág. 205.
Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **Análisis demográfico**

Para realizar un análisis demográfico es necesario contar con la información base del INEC, con el objetivo de conocer la estructura y composición de la población para lo cual el INEC realiza censos poblacionales en diferentes sectores del país. Se toma en cuenta variables como el sexo, edad, natalidad, mortalidad y migraciones.

“El Censo Nacional de Población Vivienda 2010 indica que a nivel cantonal, es de 19.916 hombres y 17.675 mujeres con un total de 37.591 habitantes; la ciudad de La Joya de la Sachas se encuentran 11.480 habitantes de los cuales el 52,06% son hombres y el 47,94% mujeres, ésta urbe representan el 30,54% de la población cantonal y 8,42% de la población provincial” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 25).

A partir de este aspecto de crecimiento poblacional cantonal tiene una tasa de crecimiento de 0,31% anual, para proyecciones hasta el 2020. En el caso de la parroquia de La Joya de los Sachas en los 20 últimos años ha crecido a un ritmo promedio de 4,39%, mientras que en el área urbana en el último periodo creció al 7,54%⁷, lo cual evidencia el movimiento migratorio que se da en las zonas rurales. Basado en la tendencia de crecimiento se ha proyectado que para el 2014

la población de la ciudad de La Joya de los Sachas estará en alrededor de los 15.000 habitantes y para el 2024 ya superará los 30.000 habitantes.

(Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 25)

Debido al gran desarrollo tanto estratégico como político que se ha generado en el Cantón La Joya de los Sachas se puede notar en función de los datos un crecimiento acelerado principalmente en el área urbana debido a que se cuenta con servicios básicos y sociales.

- **Educación**

En el Cantón La Joya de los Sachas el sistema educativo se encuentra afectada directamente por factores como la viabilidad hacia los centros educativos ya que zonas del Cantón la accesibilidad tanto para docentes como alumnos es limitada, extensas distancias por recorrer, factor climático (invierno) donde por estar situado en una zona con altas pluviosidades en ocasiones no permiten la asistencia del personal educativo.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 71.

Figura 91: Nivel de Analfabetismo.

“La tasa de analfabetismo en el área urbana de la parroquia de La Joya de los Sachas en el 2010, fue de 6,1% cuya composición corresponde al 5,5% a los hombres

y un 6,7% a las mujeres” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 71).

Cabe mencionar que el nivel de analfabetismo en el sector urbano es menor a comparación del sector rural, esto es debido a los diferentes factores que afectan de manera directa al sistema educativo que anteriormente se indicó.



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 71.

Figura 92: Nivel de instrucción urbana del cantón La Joya de los Sachas.

En lo que respecta al nivel de instrucción tal como se puede apreciar en el gráfico, muestra una inclusión del género femenino de manera equitativa, esto permitiéndoles tener posibilidades en el campo laboral.

- **Salud**

En cuanto al acceso a la salud de la población se pueden diferenciar varios aspectos; el primero es que la ciudad cuenta con un Centro de Salud el cual está dotado de medicinas que son distribuidas de manera gratuita; sin embargo, la atención médica al público actualmente presenta algunos matices de congestión, debido a que no se cuenta con todos los especialistas del caso; en la búsqueda de suplir este déficit se está construyendo otro centro de salud en la Lotización La Herradura.

(Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 72)

Tabla 111: *Equipamiento de unidades de salud.*

Unidad de Salud	Personal médico y equipamiento						
	Médicos tratantes y rurales	Odontólogo de planta	Enfermeras y auxiliares	Obstetriz	Psicólogo clínico	Promotor de salud	Número de camas
Centro de Salud	9	2	12	1	1	1	6

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 72.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Casos de morbilidad originan una serie de enfermedades en los pobladores del Cantón, ya sean por diferentes factores como: calidad del agua, clima, medidas sanitarias y el limitado acceso a los servicios básicos.

Tabla 112: Morbilidad.

COD	Descripción	Total	Hombre	Mujer
J00X	Rinofaringitis aguda	5.759	2.683	3.076
B829	Parasitosis intestinal, sin otra especificación	4.115	1.929	2.186
N390	Infección de vías urinarias, sitio no especificado	3.517	466	3.051
J029	Faringitis aguda, no especificada	2.534	1.172	1.362
A09X	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	1.830	986	844
J039	Amigdalitis aguda, no especificada	1.470	695	775
N760	Vaginitis aguda	1.416	-	1.416
I10X	Hipertensión esencial (primaria)	1.308	483	825
K297	Gastritis, no especificada	912	288	624
J069	Infección aguda de las vías respiratorias superiores, no especificada	784	360	424
E119	Diabetes mellitus no insulino dependiente, sin mención de complicación	782	335	447
R509	Fiebre, no especificada	582	286	296
D509	Anemia por deficiencia de hierro sin otra especificación	518	204	314
R51X	Cefalea	494	115	379
A90X	Fiebre del dengue (dengue clásico)	472	222	250

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 72.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Las diferentes causas que originan cada una de estas morbilidades se pueden citar la falta de higiene, mala conservación de alimentos, mala alimentación, mala calidad del agua.

- **Economía**

“La economía local se genera alrededor de la actividad petrolera, debido a que a nivel cantonal se presentan 486 pozos de perforación activos donde se produce el 75% del petróleo nacional. Otro facto en la economía es debido a las comunidades nativas se encuentran en cada uno de sus territorios, cuyos asentamientos se encuentran

alrededor de la ciudad y mantienen relaciones comerciales con la población urbana” (Actualización y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas, 2015, pág. 69).

Tabla 113: Pobreza y desigualdad del cantón La Joya de los Sachas.

Parroquia	2001		2010	
	Hogares	Personas	Hogares	Personas
La Joya de los Sachas	94,19 %	95,67 %	91,85 %	92,53 %
Enokanqui	99,91 %	99,86 %	75,65 %	79,23 %
Pompeya	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
San Carlos	99,82 %	99,93 %	93,43 %	94,31 %
San Sebastián del Coca	99,85 %	99,97 %	91,27 %	94,17 %

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas, 2015, pág. 69.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Con el pasar de los años se puede notar una diferencia de porcentajes del año 2001 al 2010, esto demuestra que las autoridades han realizado una labor eficiente logrando que el sector urbano logre una economía más alta y de la misma forma beneficiando a la economía del sector rural. Esto se puede asociar a que tanto en el sector de la salud, educación e industrial se ha tenido un gran avance permitiendo dinamizar el sector económico del cantón y así disminuir los porcentajes de pobreza.

9.5 Identificación de impactos ambientales

“La preparación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) debe seguir ciertas directrices de los inversionistas y fuentes de financiamiento, además de aquellas específicas al proyecto. Estas directrices dependen del tipo de proyecto que se planifica ejecutar, de la envergadura de su impacto ambiental, de su ubicación y de la normativa legal ambiental existente” (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, 1996, pág. 51).

Para poder determinar si los diferentes impactos ambientales se producen de manera positiva o negativa al medio, es importante identificar y valorar cada uno de ellos mediante el EIA. Para el proyecto se tiene dos etapas en las cuales se realizan

actividades de construcción y la segunda son actividades de operación y mantenimiento de la vía.

9.5.1 Evaluación de los impactos ambientales

La evaluación de los impactos ambientales consiste en la identificación, predicción, interpretación, prevención, valoración y comunicación del impacto que se originara en la ejecución de un proyecto alrededor del entorno.

Para la realización de la evaluación de los impactos ambientales existen algunas metodologías, tanto de forma general como específica. Para nuestro proyecto utilizaremos la metodología de un sistema de red y gráficos, en base a matrices causa – efecto (Leopold)

Es importante tener en cuenta dos parámetros importantes para la evaluación del impacto ambiental, los cuales son la magnitud e importancia.

- **Magnitud:** “Según un numero de 1 a 10, en el que el 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado y 1 a la mínima” (Cotán, 2007, pág. 5).

Para realizar el respectivo cálculo de la magnitud se tiene la siguiente ecuación:

$$M = (a * i) + (b * E) + (c * D) \quad (\text{Ec. 48})$$

Donde:

M: Magnitud

E: Extensión

D: Duración

i: Intensidad

a,b,c: Pesos de cada variable de evaluación vial (a=0.40; b=0.35; c=0.25)

- **Importancia (ponderación):** “Que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones” (Cotán, 2007, pág. 5).

A continuación, se presenta la respectiva ecuación para la determinación de la importancia:

$$I = (3 * i) + (2 * E) + D + R + Ri \quad (\text{Ec. 49})$$

Donde:

I: Importancia

i: Intensidad

E: Extensión

D: Duración

R: Reversibilidad

Ri: Riesgo

Para el proyecto en estudio, los valores que se asignaran a cada una de las variables se describen en la siguiente tabla:

Tabla 114: Valores asignados al riesgo del impacto ambiental.

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	VALOR ASIGNADO
Intensidad	I	Alta	3
		Moderada	2
		Baja	1
Extensión	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
Duración	D	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódica	1
Reversibilidad	R	Irreversible	3
		Recuperable	2
		Reversible	1
Probabilidad	P	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1
Riesgo	Ri	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1

Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos de desarrollo, 2014, pag.74.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

9.6 Plan de manejo Ambiental

“Los planes de manejo se deben especificar para las acciones del proyecto que impliquen los impactos de mayor significancia sobre el medio, y para aquellos elementos del medio que sean en mayor medida afectados por el mismo. Una vez se han identificado las medidas correctoras, se realiza un prediseño a fin de poder evaluar su costo y así determinar su viabilidad técnica y económica” (Pelaez, 2014, pág. 89).

Este Plan de manejo ambiental cumple un factor importante en la fase de construcción del proyecto vial, las cuales deben contar con una programación para de esta manera llevar a cabo la ejecución del proyecto, una vez que se obtenga el respectivo permiso ambiental por parte de la institución encargada.

9.6.1 Plan de prevención, mitigación y remediación de impactos ambientales.

Tabla 115: Plan de prevención y mitigación de impactos en el suelo.

PROGRAMA DE PREVENCIÓN CON RESPECTO AL SUELO						
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.						
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE	PLAZO (MESES)
Remoción de la cobertura vegetal.	Pérdida temporal de la cobertura vegetal y afectación al estado y calidad del suelo de la zona.	Durante cada una de las actividades en la construcción de la vía, se deberá recolectar el material de excavaciones, los mismos que deberán ser utilizados como relleno en zonas de la vía o a su vez se entregara a la población cercana para su respectiva reutilización.	Se mantendrá en su totalidad limpio el área del proyecto	Registro Fotográfico		6 meses
Generación de polvo, ruido y vibraciones debido a los trabajos de excavaciones.	Afectación de manera directa al aire, suelo, flora y fauna del sector.	El contratista deberá llevar un control de mantenimiento de la maquinaria. Se deberá limitar trabajos en casos de no ser necesarios (compactación).	Mantenimientos programados durante la ejecución del proyecto.	Registro Fotográfico, Facturas y Registro diario de maquinarias		6 meses

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 116: Plan de prevención y mitigación de impactos en el aire.

PROGRAMA DE PREVENCIÓN CON RESPECTO AL AIRE						
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.						
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE	PLAZO (MESES)
Generación de polvo ruido, vibraciones debido a los trabajos de excavaciones.	Generación de polvo debido a los trabajos constructivos y debido a la circulación de la maquinaria (volquetas).	Mediante un tanquero de agua se deberá humedecer el área del proyecto en intervalos de tiempo requeridos con la finalidad de minimizar la problemática del polvo.	Cada 3 veces al día se deberá humedecer el área del proyecto durante el tiempo que dure la construcción de la vía.	Registro Fotográfico.		6 meses
	Generación de ruido por parte de la maquinaria, ocasionando molestia para las personas que viven cerca del proyecto.	El contratista deberá llevar un control del mantenimiento de la maquinaria del proyecto antes y después de la ejecución de cada actividad.	Se verificará que el 100% de la maquina se encuentre en estado óptimo para realizar cada una de las actividades.	Registro Fotográfico, Facturas y Registro diario de maquinaria.		6 meses.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 117: Plan de prevención y mitigación de impactos en el agua.

PROGRAMA DE PREVENCIÓN CON RESPECTO AL AGUA						
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.						
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE	PLAZO (MESES)
Contaminación del agua debido a los trabajos excavación y movimiento de tierras, implantación de alcantarillas y desechos comunes por parte del personal.	Contaminación del agua de manera temporal debido a la erosión del suelo cercano a ríos o esteros debido a la ejecución de trabajos constructivos.	Se deberá minimizar los trabajos con la maquinaria en sectores cercanos a ríos, evitando contaminar el agua.	Brindar 1 capacitación mínima en el día para todo el personal del proyecto sobre el manejo de desechos sólidos.	Registro Fotográfico,		1 mes
	Contaminación con desechos alimenticios (tarrinas, fundas, botellas, etc) por parte del personal del proyecto.	Se deberá dar charlas diarias a todo el personal del proyecto indicándoles sobre la disposición de los desechos comunes, a su vez se deberá contar con puntos fijos para la recolección de la basura.	Disponer de 1 punto fijo en cada sector donde se encuentre realizando trabajos constructivos.	Registro de asistencia del personal a las capacitaciones.		

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 118: Plan de manejo de desechos comunes.

PLAN DE DESECHOS COMUNES						
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.						
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE	PLAZO (MESES)
Generación de Desechos sólidos en el área y alrededores del proyecto.	Contaminación al medio ambiente con desechos comunes (tarrinas, vasos, botellas, etc) ocasionando malestar en las personas que viven cerca del proyecto.	Responsabilizar y concientizar a cada uno de los trabajadores acerca de la disposición de los desechos comunes.	Durante la ejecución de la operación del proyecto se deberá contar con la limpieza respectiva en el 100%.	Registro Fotográfico, Facturas,		6 meses
		<p>Contar en el área de trabajos con</p> <p>3 tachos de diferente color con su</p> <p>respectiva señalización (plástico,</p> <p>papel/cartón y desechos comunes) para su posterior recolección y tratamiento.</p>		Registro de generación y manejo de desechos sólidos.		

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 119: *Plan de seguridad y salud ocupacional.*

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL						
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.						
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE	PLAZO (MESES)
Evitar Accidentes laborales o afectaciones a la salud de los trabajadores en la realización de las actividades constructivas.	Prevención de accidentes y daños a la integridad de cada una de las personas que conformen el proyecto.	Se deberá entregar equipos de seguridad personal (casco, guantes, orejeras, tapones auditivos, ponchos de agua, zapatos punta de acero, etc.)	Se entregará a cada persona 1 dotación completa en buen estado.	Registro Fotográfico, Facturas, Registro de entrega de los EPP.		Los primeros días del mes antes de la etapa de construcción del proyecto.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 120: Plan de señalización.

PROGRAMA DE SEÑALIZACION

LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE PLAZO (MESES)
Evitar posibles accidentes en el proyecto debido a la falta de señalización.	Prevención de accidentes tanto de los trabajadores como de las personas que residen cerca al proyecto, con la finalidad de evitar problemas legales posteriormente.	Se deberá realizar la respectiva colocación de señales tanto informativas, preventivas, ambientales y cintas de seguridad en el área del proyecto.	Se colocará en toda el área del proyecto el 100% de la señalización así como cintas de seguridad.	Registro Fotográfico, Facturas.	6 meses.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 121: Plan de contingencia.

PLAN DE CONTINGENCIAS						
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.						
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE	PLAZO (MESES)
Evitar accidentes laborales en la ejecución de las actividades del proyecto.	Prevención de accidentes en el área del proyecto, originado casos de emergencia o contingencias (incendios, accidente tránsito, etc.)	Se deberá realizar charlas sobre prevención de riesgos laborales.	Se deberá brindar capacitación mínima diaria acerca de prevención de riesgos laborales	1 Registro Fotográfico, Facturas, Registro de asistencia a la capacitación.		1 mes
		Se deberá contar con equipos básicos de primeros auxilios (botiquín).	Se deberá contar con 1 equipo mínimo de primeros auxilios (botiquín).			
		Se deberá contar con un registro telefónico de primeros auxilios (bomberos, hospitales y departamento de policía)	Se deberá contar con una pancarta donde se encuentre un registro telefónico de primeros auxilios.			

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 122: Plan de rehabilitación.

PROGRAMA DE FORESTACION CON PLANTAS NATIVAS						
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.						
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE	PLAZO (MESES)
Perdida de la cobertura vegetal en zonas de ejecución del proyecto.	Daños directos al estado y calidad del suelo de la zona.	Se deberá realizar la siembra de árboles nativos de la zona para lo cual el área de los trabajos del proyecto debe encontrarse libre de escombros. Se utilizará herramientas menores (pala, pico, barra, etc.) para realizar la siembra.	Plantación de 400 especies de árboles nativos de la localidad en áreas donde debido a trabajos constructivos fueron afectadas.	Registro fotográfico y Factura.		En el sexto mes, una vez finalizado los trabajos del proyecto.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 123: Plan de cierre, abandono y entrega del área del proyecto.

PROGRAMA DE RETIRO DE DESECHOS COMUNES Y ENTREGA DEL AREA

LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE PLAZO (MESES)
Generación de escombros y desechos comunes en el área del Proyecto.	Contaminación al medio ambiente debido a la generación de escombros y desechos comunes.	Una vez concluido los trabajos del proyecto, se realizará el desalojo de las maquinarias, escombros, material de señalización. Se limpiará completamente toda el área del proyecto permitiendo la movilidad de las personas sin ningún tipo de inconveniente.	Limpieza al 100% de toda el área del proyecto al finalizar todos los trabajos constructivos.	Registro fotográfico, Informe final de trabajos constructivos	Última semana del sexto mes, culminando todos los trabajos del proyecto.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **Matriz de Leopold**

“La base del sistema es una matriz en la que las entradas según columnas son acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según filas son características del medio que pueden ser alteradas. Con estas entradas en filas y columnas se puede definir las intervenciones existentes” (Cotán, 2007, pág. 4).

Esta metodología considera los diferentes impactos que se originaran en el medio ambiente a través de distintos factores ambientales, de la misma manera incorpora las variables de magnitud e importancia en la evaluación del Impacto Ambiental y por último ayuda a tener de manera resumida toda la información analizada durante la evaluación.

En función de los criterios antes mencionados se tiene la siguiente matriz de Leopold para nuestro proyecto.

Tabla 124: Valoración de los impactos ambientales del proyecto.

Acciones causantes de posibles Impactos Ambientales	i	E	D	R	P	Ri	M	I
Remoción de la cobertura vegetal	1	1	2	2	3	3	1	12
Gestión de la generación del polvo, ruido, vibraciones de la maquinaria	2	2	2	1	2	2	2	15
Gestión para la prevención de la contaminación del suelo, agua y aire	2	1	2	1	2	2	2	13
Gestión del mantenimiento del equipo y maquinaria del proyecto	1	2	2	1	1	2	2	12
Gestión en el manejo de desechos sólidos	3	2	2	1	1	2	2	18
Capacitación acerca de prevención de riesgos laborales para el personal del proyecto y la población de la comunidad	2	2	2	1	1	2	2	15
Rehabilitación de especies nativas afectadas en la zona.	2	1	2	2	2	2	2	14
Cierre, Abandono y Entrega del área del proyecto	2	2	2	1	1	2	2	15

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Posteriormente de haber realizado la evaluación de cada una de las variables, se procede con la respectiva evaluación tanto de la magnitud e importancia, donde se tiene una valoración del impacto entre bajo y medio, en función de la siguiente tabla:

Tabla 125: Rangos de comparación para la magnitud e importancia.

IMPORTANCIA	MAGNITUD	VALORACIÓN DEL IMPACTO
9-14	1.0-1.6	Bajo
15-22	1.7-2.3	Medio
23-27	2.4-3.0	Alto

Fuente: Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos de desarrollo, 2014, pag.80.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 126: Matriz de Leopold.

ACCIONES CAUSANTES DE POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES FACTORES AMBIENTALES		PROGRAMA DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES				MANEJO DE DESECHOS COMUNES	CAPACITACIONES	REHABILITACION DE ZONAS AFECTADAS POR EL PROYECTO	CIERRE, ABANDONO Y ENTREGA DEL PROYECTO
		Transporte de Materiales	Generacion de Polvo	Generacion de ruidos y vibraciones	Riesgo de Accidente Laborales	Capacitacion acerca del Manejo de Desechos Solidos	Capacitacion de educacion ambiental	Programa de rehabilitacion en zonas afectadas	Programa de abandono y cierre del proyecto
MEDIO FISICO	SUELO	-2 2	-1 1	1 1		2 2	1 3		-2 1
	AIRE		-1 2	-1 1		-1 1	1 3	1 3	2 2
	CLIMA		1 1			-2 1		-2 2	1 1
	AGUA		1 1	-1 1		1 1		2 2	3 1
MEDIO BIOTICO	FLORA	-2 1	-1 2	-2 1		-2 2	1 3	2 1	-3 1
	FAUNA	-1 1	-1 1	-1 1		-2 2		1 1	-3 1
MEDIO HUMANO	USO DEL SUELO	-1 1	1 1	1 1		-3 2			-2 2
	DEMOGRAFIA				2 1		2 2		3 1
	VIALIDAD			-2 2	-3 1	1 1	2 1	-2 2	2 1
EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL		-6 5	-1 9	-5 8	-1 2	-6 12	7 12	2 11	1 11

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 127: Plan de Monitoreo y Seguimiento.

PROGRAMA DE DIFUSION Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

LUGAR DE APLICACIÓN: Vía Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, Parroquia Joya de los Sachas, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO VERIFICACIÓN	DE
La finalidad del monitoreo y del seguimiento de lo que se estipula en el Plan de Manejo Ambiental es conservar cada uno de los medios afectados por el proyecto vial.	Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental en cada uno de los impactos ambientales para minimizar el grado de afectación a cada uno de los medios.	Se realizará inspecciones de cada medida estipulada en el PMA a cargo de un Supervisor ambiental, el mismo que deberá entregar un informe detallado una vez al mes, durante el tiempo de ejecución del proyecto.	Se deberá cumplir en un porcentaje del 100% lo que se indique en el cronograma valorado del PMA.	Registro fotográfico, Informes mensuales, Facturas detalladas.	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

9.7 Tabla resumen de medidas del PMA

Tabla 128: *Resumen de medidas del PMA.*

PLAN	ACTIVIDAD	INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLE
PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL SUELO	Se realizará la recolección del material de excavación para posteriormente ser utilizados como relleno.	Se realizará la limpieza 1 vez al día mínimo al terminar la jornada laboral	Registro Fotográfico	Contratista
PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL AIRE	Se deberá humedecer el área del proyecto en intervalos de tiempos requeridos en función del clima.	Cada 3 veces al día se deberá humedecer el área del proyecto mediante un tanquero de agua	Registro Fotográfico	Contratista
PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL AGUA	Se brindará charlas a todo el personal del proyecto sobre la disposición de los desechos comunes.	Brindar 1 charla mínima en el día a todo el personal del proyecto.	Registro Fotográfico, Registro de asistencia del personal a las charlas.	Contratista
PLAN DE DESECHOS COMUNES	Concientizar y responsabilizar al personal del proyecto acerca de la clasificación y disposición de los desechos comunes.	Volumen de desechos clasificados / volumen de desechos generados	Registro Fotográfico, Registro de generación y manejo de desechos comunes.	Contratista
PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	Se deberá entregar equipos de seguridad personal a todos los trabajadores	Equipos de protección personal requeridos / Equipos de protección personal usados	Registro Fotográfico, Facturas, Registro de entrega de los EPP.	Contratista

PLAN	ACTIVIDAD	INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLE
PLAN DE SEÑALIZACIÓN	Se deberá realizar la respectiva colocación de señales tanto informativas y ambientales en el proyecto.	Cantidad de señales colocadas en el proyecto.	Registro Fotográfico, Facturas.	Contratista
PLAN DE CONTIGENCIAS	Se deberá realizar charlas sobre prevención de riesgos laborales.	Brindar 1 capacitación mínima diaria acerca de prevención de riesgos laborales.	Registro Fotográfico, Facturas, Registro de asistencia a la capacitación	Contratista
PLAN DE REHABILITACIÓN	Se deberá realizar la siembra de árboles nativos de la zona para lo cual el área de los trabajos del proyecto debe encontrarse libre de escombros.	Plantación de 400 especies de árboles nativos de la localidad en áreas donde debido a trabajos constructivos fueron afectadas.	Registro fotográfico y Factura.	Contratista
PLAN DE CIERRE, ABANDONO Y ENTREGA DEL ÁREA DEL PROYECTO	Una vez concluido los trabajos del proyecto, se realizará el desalojo de las maquinarias, escombros, material de señalización, permitiendo la movilidad de las personas del lugar.	Limpieza al 100% de toda el área del proyecto al finalizar todos los trabajos constructivos.	Registro fotográfico, Informe final de trabajos constructivos	Contratista

PLAN	ACTIVIDAD	INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN	DE RESPONSABLE
PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO		Se deberá cumplir en		
	Se realizará	un porcentaje del		
	inspecciones de cada	100% lo que se	Registro fotográfico,	Gobierno Autónomo
	medida estipulada en	indique en el	Informes mensuales,	Descentralizado de la
	el PMA a cargo de un	cronograma	Facturas detalladas.	Provincia de Orellana
	Supervisor ambiental.	valorado del PMA.		

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

9.8 Costos ambientales

Tabla 129: Costos ambientales del proyecto vial.

PLAN	ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLE	COSTO (USD)
PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL SUELO	Se realizará la			
	recolección del			
	material de excavación	Registro Fotográfico	Contratista	800.00
	para posteriormente ser utilizados como relleno.			
PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL AIRE	Se deberá humedecer			
	el área del proyecto en	Registro Fotográfico	Contratista	950.00
	intervalos de tiempos			
	requeridos en función del clima.			
PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL AGUA	Se brindará charlas a	Registro Fotográfico,		
	todo el personal del	Registro de asistencia del	Contratista	700.00
	proyecto sobre la	personal a las charlas.		
	disposición de los desechos comunes.			

PLAN	ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLE	COSTO (USD)
PLAN DE DESECHOS COMUNES	Concientizar y responsabilizar al personal del proyecto acerca de la clasificación y disposición de los desechos comunes.	Registro Fotográfico, Registro de generación y manejo de desechos comunes.	Contratista	Dentro de los costos indirectos del proyecto vial.
PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	Se deberá entregar equipos de seguridad personal a todos los trabajadores	Registro Fotográfico, Facturas, Registro de entrega de los EPP.	Contratista	Dentro de los costos indirectos del proyecto vial.
PLAN DE SEÑALIZACIÓN	Se deberá realizar la respectiva colocación de señales tanto informativas y ambientales en el proyecto.	Registro Fotográfico, Facturas.	Contratista	Dentro de los costos indirectos del proyecto vial.
PLAN DE CONTIGENCIAS	Se deberá realizar charlas sobre prevención de riesgos laborales.	Registro Fotográfico, Facturas, Registro de asistencia a la capacitación	Contratista	2,0000.00
PLAN DE REHABILITACIÓN	Se deberá realizar la siembra de árboles nativos de la zona para lo cual el área de los trabajos del proyecto debe encontrarse libre de escombros.	Registro fotográfico y Factura.	Contratista	Dentro de los costos indirectos del proyecto vial.

PLAN	ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLE	COSTO (USD)
PLAN DE CIERRE, ABANDONO Y ENTREGA DEL ÁREA DEL PROYECTO	Una vez concluido los trabajos del proyecto, se realizará el desalojo de las maquinarias, escombros, material de señalización, permitiendo la movilidad de las personas del lugar.	Registro fotográfico, Informe final de trabajos constructivos	Contratista	4,000.00
	Se realizará inspecciones de cada medida estipulada en el PMA a cargo de un Supervisor ambiental.	Registro fotográfico, Informes mensuales, Facturas detalladas.	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana	Dentro de los costos indirectos del proyecto vial.

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

CAPÍTULO 10

10. ANALISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO

10.1 Análisis de precios Unitarios

El análisis y cálculo de los precios unitarios para un trabajo determinado, deberá guardar congruencia con los procedimientos constructivos o la metodología de ejecución de los trabajos, con los programas de trabajo, de utilización de personal y de maquinaria y equipo de construcción; debiendo considerar los costos vigentes de los materiales, recursos humanos y demás insumos necesarios en el momento y en la zona donde se llevaran a cabo los trabajos, sin considerar el impuesto al valor agregado, todo ello de conformidad con las especificaciones generales y particulares de construcción y normas de calidad.

(Alcantara, 2005, pág. 21)

El análisis de precios unitarios tiene como objetivo la respectiva remuneración económica al constructor por unidad de concepto, las cuales deberán ser ejecutadas en función de las especificaciones técnicas indicadas, permitiendo de esta manera tener un grado de calidad en cada proceso constructivo. Dentro de los precios unitarios del proyecto constan dos tipos de costos, los cuales se indican a continuación:

- **Costos directos:** Corresponden a los costos originados por la: mano de obra calificada y no calificada, costo del material y equipos a utilizarse para llevar a cabo cada una de las actividades del proyecto.
- **Costos Indirectos:** Corresponden a los costos originados por: servicios básicos, gastos administrativos, gastos de oficina necesarios para el proyecto.

10.2 Presupuesto de Obra

“El presupuesto de obra le permite al promotor la estimación de las cantidades de recursos que debe invertir, evaluar el avance de esta, describir las actividades de cada contrato, entre otros elementos que conformaran mecanismos indicadores de precio para proyectar el costo y periodo final del proyecto” (Duarte & Martinez, 2011, pág. 73).

Es muy importante contar con el presupuesto de la obra debido a que permite determinar la viabilidad de un proyecto tomando como referencia tanto los egresos como beneficios a futuro de la obra (VER ANEXO N° 14 Análisis de precios unitarios APU)

10.2.1 Cantidades de Obra.

Para determinar las respectivas cantidades de obra del proyecto, se contará con documentos técnicos elaborados para los distintos diseños como: diseño geométrico de la vía, diseño hidráulico, Señalización, Impacto Ambiental. En donde se indicará de manera detallada las cantidades de los materiales necesarios para realizar la ejecución del proyecto.

Tabla 130: Cantidades para la ejecución de la obra

<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio global</u>
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1	Replanteo y Nivelación	km	6.1802	865.52	5,349.03
2	Remoción de cercas y guardacaminos	m	1,236.03	1.18	1,464.27
3	Remoción de alcantarillas existentes	m	63.00	9.28	584.65
4	Reconstrucción de cercas de alambre de puas	m	1,236.03	3.24	4,000.55
5	Remoción de hormigón	m3	4.63	14.27	66.12
6	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	2.35	239.38	562.16
7	Acabado de la obra basica	m2	60,565.47	0.85	51,743.65
8	Excavación en suelo	m3	17,940.26	2.57	46,173.11
9	Excavación en fango	m3	2,732.93	3.53	9,649.80
10	Material de préstamo importado	m3	17,145.45	0.91	15,539.00
11	Excavación y relleno para estructuras	m3	494.12	4.12	2,034.41
12	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	2,101.25	1.85	3,894.00
13	Transporte para material de prestamo importado (libres 500 m)	m3xkm	54,522.53	0.26	14,175.86
			SUBTOTAL 1:		155,236.61
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					
14	Explotación de mina con maquinaria	m3	17,462.01	1.97	34,385.17
15	Relleno de cajera con material de mejoramiento (pedraplen)	m3	4,696.91	3.01	14,116.60
16	Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3	12,765.10	2.79	35,638.37
17	Geomalla biaxial	m2	65,076.98	2.91	189,288.11
18	Geotextil No Tejido	m2	65,076.98	1.73	112,583.17
19	Sub-base clase 3	m3	7,759.18	18.85	146,226.22
20	Base clase 1A (d<38.1 mm)	m3	5,256.22	17.95	94,349.11
21	Capa de rodadura de hormigon asfáltico mezclado en planta de 5 cm de espesor	m2	50,059.22	14.50	725,946.72
22	Emulsión Asfáltica CRS para imprimación	m2	56,566.91	1.02	57,698.25
23	Transporte de material de sub-base clase 3	m3xkm	333,644.67	0.26	86,747.61
24	Transporte para material de base clase 1A	m3xkm	226,017.36	0.26	58,764.51
25	Transporte de material de mejoramiento	m3xkm	750,866.59	0.26	195,225.31
26	Transporte de material para la capa de rodadura de hormigon asfáltico	m3xkm	150,678.24	0.26	39,176.34
27	Transporte de material pétreo arena	m3xkm	6,479.16	0.26	1,684.58
			SUBTOTAL 2:		1,791,830.09
ESTRUCTURAS					
28	Hormigón estruct. de cemento portland clase A, f _c =210 kg/cm ² , cabezales,muros y cunetas	m3	39.94	202.08	8,071.18
29	Hormigón simple, f _c =180 kg/cm ² para cunetas	m3	1,223.67	137.99	168,851.29
29	Hormigón pobre para replantillo	m3	2.02	202.08	408.21
30	Acero de refuerzo f _y =4 200 kg/cm ²	kg	2,950.98	2.05	6,036.25
			SUBTOTAL 3:		183,366.93
DRENAJE Y ALCANTARILLADO					
31	Tubería para alcantarilla metalica D= 1,20 m	m	75.63	337.99	25,562.06
32	Tubería para alcantarilla metalica D= 2,00 m	m	26.07	405.47	10,570.58
			SUBTOTAL 4:		36,132.64
INSTALACIONES PARA CONTROL DEL TRÁNSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO					
33	Guardacaminos metálico	m	134.82	120.03	16,181.80
34	Señales regulatoria prevención al lado de la carretera (0,6 m x 0,6 m)	u	26.00	236.42	6,146.88
35	Señales de prevencion al lado de la carretera (0,6 m x 0,6 m)	u	61.00	236.42	14,421.53
36	Señales de información al lado de la carretera (1,80 m x 0,60 m)	u	2.00	274.17	548.35
37	Señales de información al lado de la carretera (0,45 m x 0,60 m)	u	12.00	203.51	2,442.10
38	Conos de seguridad H=0,90 m	u	60.00	24.23	1,453.54
39	Cintas de seguridad 0,20 m de ancho	m	2,000.00	0.32	640.00
			SUBTOTAL 5:		41,834.19
MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL					
40	Construcción y funcionam. de campamentos, bodegas y talleres de obra	gbl	1.00	590.89	590.89
41	Area sembrada (repoblación vegetal)	m2	3,550.00	0.72	2,539.90
42	Escombrera Disposición Final y Tratamiento Paisajístico en zonas de Deposito	m3	3,550.00	0.53	1,881.50
43	Bateria Sanitaria Móvil	Día	150.00	13.51	2,026.62
44	Agua para Control de Polvo	m3	264.00	3.00	791.38
45	Pancarta Informativa	u	1.00	310.30	310.30
			SUBTOTAL 6:		8,140.59
				TOTAL:	2,216,541.05

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

10.3 Cronograma Valorado de ejecución

Un cronograma valorado indica la programación en función del tiempo (meses) que se necesite para ejecutar cada uno de los rubros del proyecto, de la misma manera es muy importante para la parte de fiscalización ya que le permite conocer tanto el avance de la obra como el presupuesto necesario para cada rubro en cierto tiempo.

Para nuestro proyecto el cronograma valorado se lo realizo en el programa informático EXCEL 2019 (VER ANEXO N°15 Cronograma Valorado de ejecución del proyecto).

10.4 Cálculo de los beneficios valorados

El presente estudio de diseño vial corresponde a una vía ubicada en la zona rural que interconecta la Pre Cooperativa Mariscal Sucre – Comunidad Brisas del Jivino, perteneciente a la Parroquia Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

El objetivo de la presente vía es obtener un beneficio socio económico tanto para el sector agrícola como industrial del sector, ya que mediante la rehabilitación y asfaltado de la vía se logrará mejorar la calidad de vida de las personas residentes permitiéndoles desplazarse hacia la zona urbana a comercializar sus productos en menor tiempo y a un bajo costo con respecto al transporte.

También es importante indicar que esta vía es un medio de conexión entre las Provincias de Orellana y Sucumbíos, ya que por estar ubicada al final del límite provincial permitirá una dinamización económica entre los sectores cercanos al proyecto.

Es indispensable tener en cuenta los indicadores y componentes, los cuales permitirán generar diversos beneficios tanto sociales como económico mediante la ejecución del proyecto, los cuales se indican a continuación:

- Relación costo (\$) combustible / (u) galón
- Relación costo (\$) neumático / (u) neumático
- Relación costo (\$) amortiguador / (u) amortiguador
- Relación costo (\$) sistema de freno / (u) zapata
- Relación costo (\$) debido al cambio de aceite / (u) cambio de aceite
- Relación costo (\$) transporte de productos / (u) viajes

- **Costo de Combustible:** Para determinar el costo de combustible se revisó la tabla de precios actuales del año 2019 en donde se tiene que \$ 3,05 gasolina super, \$ 2,39 gasolina extra, \$2,00 diesel y \$ 2,30 diesel premium (EL COMERCIO, 2019). Se asume que un galón de combustible permite recorrer 35 km para vehículos livianos y 30 km para vehículos pesados.

Tabla 131: Consumo de combustible antes de la ejecución del proyecto.

Tipo de Vehículo	L. vía Km	Galones por Km	Nº Viajes	Costo Anual	TPDA	Total Costo de Combustible
Vehículo Liviano	6.138	0.285	2	535.448	99	53009.39
Camión 2DA	6.138	0.307	2	448.074	48	21507.55
Camión 3A	6.138	0.307	2	448.074	3	1344.22
Volqueta V2DB	6.138	0.307	2	448.074	4	1792.30
Costo Total del combustible extra y diesel antes de la ejecución del proyecto (1)						77653.46

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 132: Consumo de combustible después de la ejecución del proyecto.

Tipo de Vehículo	L. vía Km	Galones por Km	Nº Viajes	Costo Anual	TPDA	Total Costo de Combustible
Vehículo Liviano	6.180	0.117	2	179.704	99	17790.71
Camión 2DA	6.180	0.103	2	150.380	48	7218.24
Camión 3A	6.180	0.103	2	150.380	3	451.14
Volqueta V2DB	6.180	0.103	2	150.380	4	601.52
Costo Total del combustible extra y diesel después de la ejecución del proyecto (2)						26061.61

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Una vez realizado el cálculo total del combustible tanto antes como después de la ejecución del proyecto se tiene un incremento anual de \$ 51591.86 dólares americanos.

- **Costo de Neumáticos:** Para realizar el respectivo análisis del costo de neumáticos se tendrá en consideración el cambio de estos para un kilometraje de 40,000 km. El precio del juego de llantas para los vehículos livianos será de \$ 240.00 en donde se requiere 4 unidades y el costo del juego para vehículos pesados es de \$720 en donde se requiere 6 unidades.

Tabla 133: Consumo de neumáticos antes de la ejecución del proyecto.

Tipo de Vehículo	L. vía	Kilómetros recorridos al año	Nº Cambios de neumáticos	Costo del Cambio (\$)	TPDA	Costo Total cambio neumáticos
	Km	Km				
Vehículo Liviano	6.138	4480.740	0.224	240	99	5323.12
Camión 2DA	6.138	4480.740	0.224	720	48	7742.72
Camión 3A	6.138	4480.740	0.224	720	3	483.92
Volqueta V2DB	6.138	4480.740	0.224	720	4	645.23
Costo Total del cambio de neumáticos antes de la ejecución del proyecto (1)						14194.98

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 134: Consumo de neumáticos después de la ejecución del proyecto.

Tipo de Vehículo	L. vía	Kilómetros recorridos al año	Nº Cambios de neumáticos	Costo del Cambio (\$)	TPDA	Costo Total cambio neumáticos
	Km	Km				
Vehículo Liviano	6.180	4511.40	0.0564	240	99	1339.89
Camión 2DA	6.180	4511.40	0.0564	720	48	1948.92
Camión 3ª	6.180	4511.40	0.0564	720	3	121.81
Volqueta V2DB	6.180	4511.40	0.0564	720	4	162.41
Costo Total del cambio de neumáticos después de la ejecución del proyecto (2)						3573.03

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Una vez realizado el cálculo total del consumo de neumáticos tanto antes como después de la ejecución del proyecto se tiene como resultado un ahorro anual de \$ 10621.96 dólares americanos.

- **Costo de amortiguador:** Para este análisis se tomará en cuenta que para el cambio de amortiguadores antes de la ejecución del proyecto se lo realizara a los 25,000 km esto debido al estado actual que se tiene en la vía, una vez ejecutado el proyecto el cambio de los amortiguadores se lo realizara a los 40,000 km. El precio para vehículos livianos será de \$180.00 y para vehículos pesados \$320.00.

Tabla 135: Consumo de amortiguadores antes de la ejecución del proyecto.

Tipo de Vehículo	L. vía	Kilómetros recorridos al año	N° Cambios de amortiguadores	Costo del Cambio (\$)	TPDA	Costo cambio amortiguadores	Total
	Km	Km					
Vehículo Liviano	6.138	4480.74	0.229	180	99	5323.12	
Camión 2DA	6.138	4480.74	0.229	320	48	4588.28	
Camión 3ª	6.138	4480.74	0.229	320	3	286.77	
Volqueta V2DB	6.138	4480.74	0.229	320	4	382.36	
Costo Total del cambio de amortiguadores antes de la ejecución del proyecto (1)						10580.52	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 136: Consumo de amortiguadores después de la ejecución del proyecto.

Tipo de Vehículo	L. vía	Kilómetros recorridos al año	N° Cambios de amortiguadores	Costo del Cambio (\$)	TPDA	Costo cambio amortiguadores	Total
	Km	Km					
Vehículo Liviano	6.180	4511.40	0.053	180	99	945.80	
Camión 2DA	6.180	4511.40	0.053	320	48	815.24	
Camión 3ª	6.180	4511.40	0.053	320	3	50.95	
Volqueta V2DB	6.180	4511.40	0.053	320	4	67.94	
Costo Total del cambio de amortiguadores después de la ejecución del proyecto (2)						1879.93	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Una vez realizado el cálculo total del consumo de amortiguadores tanto antes como después de la ejecución del proyecto se tiene como resultado un ahorro anual de \$ 8700.59 dólares americanos.

- **Costo del sistema de frenos:** Para este análisis se tiene en consideración el cambio del sistema de frenos cada 40,000 km, en donde cuyo costo será de \$230.00 para vehículos livianos y \$470.00 para vehículos pesados.

Tabla 137: Consumo del sistema de frenos antes de la ejecución del proyecto.

Tipo de Vehículo	L. vía	Kilómetros recorridos al año	Nº Cambios de sistema de frenos	Costo del Cambio (\$)	TPDA	Costo cambio frenos	Total sistema
	Km	Km					
Vehículo Liviano	6.138	4480.74	0.224	230	99	5101.32	
Camión 2DA	6.138	4480.74	0.224	470	48	5054.27	
Camión 3ª	6.138	4480.74	0.224	470	3	315.89	
Volqueta V2DB	6.138	4480.74	0.224	470	4	421.19	
Costo Total del cambio del sistema de frenos antes de la ejecución del proyecto (1)						10892.68	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 138: Consumo del sistema de frenos después de la ejecución del proyecto.

Tipo de Vehículo	L. vía	Kilómetros recorridos al año	Nº Cambios de sistema de frenos	Costo del Cambio (\$)	TPDA	Costo cambio sistema de frenos	Total de
	Km	Km					
Vehículo Liviano	6.180	4511.40	0.056	230	99	1284.06	
Camión 2DA	6.180	4511.40	0.056	470	48	1272.21	
Camión 3ª	6.180	4511.40	0.056	470	3	79.51	
Volqueta V2DB	6.180	4511.40	0.056	470	4	106.02	
Costo Total del cambio del sistema de frenos después de la ejecución del proyecto (2)						2741.80	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Una vez realizado el cálculo total del consumo del sistema de frenos tanto antes como después de la ejecución del proyecto se tiene como resultado un ahorro anual de \$ 8150.88 dólares americanos.

- **Costo del cambio de aceite:** Se tomará en consideración que el cambio de aceite se realizará cada 10,000 km y cuyo costo será de \$40.00 para vehículos livianos y \$50.00 para vehículos pesados.

Tabla 139: Consumo del aceite antes de la ejecución del proyecto

Tipo de Vehículo	L. vía	Kilómetros recorridos al año	Nº Cambios de sistema de aceite	Costo del Cambio de aceite (\$)	TPDA	Costo Total cambio de aceite
	Km	Km				
Vehículo Liviano	6.138	4480.740	0.481	40	99	17743.73
Camión 2DA	6.138	4480.740	0.481	50	48	10753.78
Camión 3ª	6.138	4480.740	0.481	50	3	672.11
Volqueta V2DB	6.138	4480.740	0.481	50	4	896.15
Costo Total del cambio de aceite antes de la ejecución del proyecto (1)						30006.77

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 140: Consumo del aceite después de la ejecución del proyecto

Tipo de Vehículo	L. vía	Kilómetros recorridos al año	Nº Cambios de sistema de aceite	Costo del Cambio de aceite (\$)	TPDA	Costo cambio aceite	Total de
	Km	Km					
Vehículos Livianos	6.180	4511.40	0.056	40	99	223.31	
Camión 2DA	6.180	4511.40	0.056	50	48	135.34	
Camión 3A	6.180	4511.40	0.056	50	3	8.46	
Volqueta V2DB	6.180	4511.40	0.056	50	4	11.28	
Costo Total del cambio del aceite después de la ejecución del proyecto (2)						378.39	

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Una vez realizado el cálculo total del consumo del aceite tanto antes como después de la ejecución del proyecto se tiene como resultado un ahorro anual de \$ 29687.37 dólares americanos.

• **Costo del traslado de los productos del sector:** Para el respectivo análisis se hizo una encuesta en el sector acerca del costo del flete desde la Comunidad Brisas del Jivino hacia el sector urbano en la parroquia La Joya de los Sachas, lugar donde los habitantes comercializan sus productos en el mercado central y ferias en los alrededores, en donde por razones del estado actual de la vía se cuenta con una tarifa de \$15.00 dólares, teniendo en cuenta las futuras mejoras de la vía se estima una disminución en la tarifa de \$10.00 dólares

Tabla 141: Costo del transporte de productos antes de la ejecución del proyecto

Tipo de Vehículo	L. vía	Número de viajes semanales	Valor del servicio de transporte	Costo del servicio de transporte semanal	TPDA	Costo Total servicio de transporte
	Km					
Vehículo Liviano	6.138	2	25.000	50.00	99	4950.00
Camión 2DA	6.138	2	25.000	50.00	48	2400.00
Costo Total del transporte de productos antes de la ejecución del proyecto (1)						7350.00

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Tabla 142: Costo del transporte de productos después de la ejecución del proyecto

Tipo de Vehículo	L. vía Km	Número de viajes semanales	Valor del servicio de transporte	Costo del servicio de transporte semanal	TPDA	Costo Total servicio de transporte
Vehículo Liviano	6.180	2	10.000	20.00	99	1980.00
Camión 2DA	6.180	2	10.000	20.00	48	960.00
Costo Total del transporte de productos después de la ejecución del proyecto (2)						2940.00

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Una vez realizado el cálculo total del costo del transporte de productos tanto antes como después de la ejecución del proyecto se tiene como resultado un ahorro anual de \$ 4,410.00 dólares americanos.

Tabla 143: Beneficios económicos una vez ejecutado el proyecto.

<i>COSTO OPERACIÓN VEHICULAR</i>	ANTES DEL PROYECTO	DESPUES DEL PROYECTO	AHORRO	TOTAL BENEFICIO
Consumo de combustible	77653.46	26061.61	51591.86	
Consumo de neumaticos	14194.98	3573.03	10621.96	
Consumo de amortiguadores	10580.52	1879.93	8700.59	
Consumo de sistema de frenos	10892.68	2741.80	8150.88	108752.66
Consumo de cambio de aceite	30065.77	378.39	29687.37	
<u>TOTAL</u>	143387.41	34634.76	108752.66	
<i>TRASLADO DE PRODCUTOS DEL SECTOR</i>				
Traslado de productos del sector	7350.00	2940.00	4410.00	4410.00
			<u>TOTAL</u>	113162.66

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

- **Plusvalía del Sector:** El sector del proyecto se encuentra en la parte rural de la Parroquia La Joya de los Sachas, la mayoría de la zona es destinada para actividades de agricultura y ganadería, en donde actualmente tienen una plusvalía del \$0.25 en zonas indirectas al proyecto y del \$0.33 en zonas directas al proyecto. Dando un total de plusvalía de \$2 168 968.60 dólares americanos.

Una vez calculado el total del beneficio para el año base de diseño del proyecto, se realiza la proyección de este en base al incremento total del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) calculado en el capítulo 3 del Estudio de Trafico, lo cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 144: Proyección de beneficios totales del proyecto para el periodo de diseño de 20 años.

Años	Operación Vehicular	Transporte de productos	Plusvalia	Total beneficios
2019	108752.66	4410.00	2168968.60	2282131.26
2020	111786.86	4533.04		116319.90
2021	114212.63	4631.41		118844.04
2022	117239.27	4754.14		121993.41
2023	120275.77	4877.27		125153.04
2024	123884.04	5023.59		128907.63
2025	126919.20	5146.67		132065.86
2026	127515.72	5170.86		132686.57
2027	130550.59	5293.92		135844.51
2028	133579.37	5416.74		138996.11
2029	137186.01	5562.99		142749.00
2030	140204.10	5685.38		145889.48
2031	143835.39	5832.63		149668.02
2032	146855.93	5955.12		152811.05
2033	150483.27	6102.21		156585.48
2034	154094.87	6248.66		160343.53
2035	157731.51	6396.13		164127.64
2036	161359.33	6543.24		167902.57
2037	165554.68	6713.36		172268.04
2038	169196.88	6861.06		176057.94
2039	173426.80	7032.58		180459.39

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

10.5 Evaluación económica financiera

10.5.1 Mantenimiento vial.

Es importante contar con un mantenimiento vial en periodos a mediano plazo con la finalidad de mantener la condición inicial del proyecto, ya que debido a diversos factores puede ser afectada la estructura tanto interna como externa de la vía, llevándola a su deterioro en general poniendo en peligro la integridad de las personas residentes cerca del proyecto.

Tabla 145: Costo del mantenimiento vial del proyecto.

COSTO DEL MANTENIMIENTO VIAL EN EL PRIMER AÑO DE OPERACIÓN						
Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	NUM. VECES	TOTAL
1	Limpieza de obras de drenaje transversales manual (alcantarillas)	m3	167.32	15.5	1	2593.46
2	Limpieza de obras de drenaje longitudinal manual (cunetas)	m	3090.075	5.5	1	16995.4125
					TOTAL	19588.87
COSTO DEL MANTENIMIENTO VIAL EN EL SEGUNDO AÑO DE OPERACIÓN						
Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	NUM. VECES	TOTAL
1	Limpieza de obras de drenaje transversales manual (alcantarillas)	m3	167.32	15.5	1.00	2593.46
2	Limpieza de obras de drenaje longitudinal manual (cunetas)	m	3090.075	5.5	1.00	16995.41
3	Sellado en la capa de rodadura con mortero asfáltico	m2	30059.22	1.05	1.00	31562.18
					TOTAL	51151.05
COSTO DEL MANTENIMIENTO VIAL EN EL SEXTO AÑO DE OPERACIÓN						
Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	NUM. VECES	TOTAL
1	Limpieza de obras de drenaje transversales manual (alcantarillas)	m3	167.32	15.5	1.00	2593.46
2	Limpieza de obras de drenaje longitudinal manual (cunetas)	m	3090.075	5.5	1.00	16995.41
3	Sellado en la capa de rodadura con mortero asfáltico	m2	30059.22	1.05	1.00	31562.18
4	Realización de bacheo asfáltico en la vía	m3	95.60	150.20	1.00	14359.12
					TOTAL	65510.17
COSTO DEL MANTENIMIENTO VIAL PARA EL DECIMO AÑO DE OPERACIÓN						
Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	NUM. VECES	TOTAL
1	Limpieza de obras de drenaje transversales manual (alcantarillas)	m3	167.32	15.5	1.00	2593.46
2	Limpieza de obras de drenaje longitudinal manual (cunetas)	m	3090.075	5.5	1.00	16995.41
3	Fresado de pavimento asfáltico	m3	356.20	9.50	1.00	3383.90
4	Colocación de carpeta asfáltica 7 cm	m2	30059.22	7.20	1.00	216426.38
					TOTAL	239399.16

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

El costo total del mantenimiento del proyecto será de 753135.48 dólares americanos.

Es fundamental contar con un presupuesto del proyecto, el cual debe estar respaldado con un análisis de precios unitarios (APU) de cada una de las actividades a realizarse en la ejecución del proyecto, el mismo que debe ser claro y bien detallado (VER ANEXO N° 14 Análisis de precios unitarios, presupuesto de construcción vial).

Tabla 146: Resumen del Presupuesto de construcción vial.

Nº	DESCRIPCION	TOTAL
1	Obras Preliminares	63770.43
2	Movimientos de Tierras	557204.69
3	Calzada	1494942.87
4	Sistema de Drenaje	50648.29
5	Señalización	41834.19
6	Plan de Manejo Ambiental	8140.58
	TOTAL	2216541.05

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

10.5.2 Valor Actual Neto (VAN).

Es un indicador financiero, el cual muestra la viabilidad de un proyecto cualquiera, en base a los futuros egresos e ingresos, restando la inversión inicial. Para poder determinar si un proyecto es viable o no se debe tomar en consideración los siguientes criterios:

- Cuando el VAN > 0; el proyecto es viable
- Cuando el VAN < 0; el proyecto no es viable
- Cuando el VAN = 0, el proyecto es indiferente.

La fórmula que se emplea para determinar su valor es:

$$V.A.N = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - l_o \quad (\text{Ec. 50})$$

Dónde:

V_t = Representa los flujos de caja en cada periodo t.

l_o = Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n = Es el número de periodos considerado.

k = Es el de interés

El valor de la tasa de interés para el proyecto se lo obtuvo en función al mes y año de evaluación del proyecto (diciembre, 2019), mediante la siguiente expresión:

$$K = \text{Tasa pasiva} + \text{EMBI (Riesgo del país)} \quad (\text{Ec. 51})$$

Tasa pasiva= 6.17 %.

EMBI riesgo Pais=11.52

$$K = 6.17 \% + 11.52 \%$$

$$K = 17.69 \%$$

Tabla 147: Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Años	Ingresos A	Egresos B	Flujo Neto A-B	Factor (1+K) ^t	$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$	VAN acumulado
0	Inversion	-2216541.05	-2216541.05	1.00	-2216541.05	-2216541.05
1	2282131.26	19588.87	2262542.39	1.18	1922459.33	-294081.72
2	116319.90	51151.05	65168.84	1.39	47050.14	-247031.58
3	118844.04	19588.87	99255.17	1.63	60888.38	-186143.20
4	121993.41	19588.87	102404.53	1.92	53377.83	-132765.37
5	125153.04	19588.87	105564.16	2.26	46753.99	-86011.37
6	128907.63	65510.17	63397.45	2.66	23858.02	-62153.35
7	132065.86	19588.87	112476.99	3.13	35965.55	-26187.80
8	132686.57	19588.87	113097.70	3.68	30728.21	4540.41
9	135844.51	19588.87	116255.64	4.33	26838.48	31378.90
10	138996.11	239399.16	-100403.05	5.10	-19694.79	11684.11
11	142749.00	19588.87	123160.13	6.00	20527.45	32211.56
12	145889.48	51151.05	94738.43	7.06	13416.88	45628.43
13	149668.02	19588.87	130079.14	8.31	15652.85	61281.28
14	152811.05	19588.87	133222.17	9.78	13621.43	74902.71
15	156585.48	19588.87	136996.61	11.51	11901.90	86804.61
16	160343.53	65510.17	94833.36	13.55	7000.48	93805.10
17	164127.64	19588.87	144538.76	15.94	9065.92	102871.01
18	167902.57	19588.87	148313.70	18.76	7904.40	110775.42
19	172268.04	19588.87	152679.17	22.08	6913.98	117689.40
20	176057.94	239399.16	-63341.22	25.99	-2437.22	115252.18
VALOR ACTUAL NETO (VAN)						115252.18

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

10.5.3 Tasa Interna de Retorno (TIR).

Es un indicador financiero, el cual muestra la viabilidad de un proyecto tomando en consideración los siguientes criterios:

- Cuando el TIR > TMAR; el proyecto es viable
- Cuando el TIR < 0; el proyecto no es viable
- Cuando el TIR = TMAR, el proyecto es indiferente.

Para determinar el valor del TIR se emplea la siguiente expresión:

$$V.A.N. = 0 = \frac{Vt}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (\text{Ec. 52})$$

En donde para el proyecto el cálculo del valor del TIR en función de los criterios anteriormente indicados es de 19.50%.

Tabla 148: Cálculo de la Tasa de Retorno Interna (TIR).

Años	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Factor	$\frac{V_t}{(1+TIR)^t}$	VAN acumulado
	A	B	A-B	$(1+TIR)^t$		
0	Inversion	-2216541.05	-2216541.05	1.00	-2216541.05	-2216541.05
1	2282131.26	19588.87	2262542.39	1.20	1893340.91	-323200.14
2	116319.90	51151.05	65168.84	1.43	45635.65	-277564.49
3	118844.04	19588.87	99255.17	1.71	58163.35	-219401.14
4	121993.41	19588.87	102404.53	2.04	50216.63	-169184.51
5	125153.04	19588.87	105564.16	2.44	43318.86	-125865.66
6	128907.63	65510.17	63397.45	2.91	21770.30	-104095.36
7	132065.86	19588.87	112476.99	3.48	32321.27	-71774.09
8	132686.57	19588.87	113097.70	4.16	27196.34	-44577.75
9	135844.51	19588.87	116255.64	4.97	23393.91	-21183.83
10	138996.11	239399.16	-100403.05	5.94	-16907.05	-38090.88
11	142749.00	19588.87	123160.13	7.10	17354.94	-20735.94
12	145889.48	51151.05	94738.43	8.48	11171.50	-9564.45
13	149668.02	19588.87	130079.14	10.13	12835.86	3271.41
14	152811.05	19588.87	133222.17	12.11	11000.84	14272.25
15	156585.48	19588.87	136996.61	14.47	9466.54	23738.79
16	160343.53	65510.17	94833.36	17.29	5483.71	29222.50
17	164127.64	19588.87	144538.76	20.67	6994.07	36216.57
18	167902.57	19588.87	148313.70	24.70	6005.64	42222.21
19	172268.04	19588.87	152679.17	29.51	5173.56	47395.77
20	176057.94	239399.16	-63341.22	35.27	-47395.77	0.00

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

10.5.4 Beneficio/Costo (B/C).

Este análisis consiste en comparar el valor de los costos y el valor de los beneficios que tiene el proyecto, y de esta manera evaluar su respectiva rentabilidad, en base a los siguientes criterios que se mencionan a continuación:

- Cuando la relación $B/C > 1$; el proyecto es económicamente viable
- Cuando la relación $B/C < 1$; el proyecto no es económicamente viable
- Cuando la relación $B/C = 1$, el proyecto es económicamente dudoso.

Se emplea la siguiente expresión para su respectivo calculo:

$$Relacion \frac{B}{C} = \frac{VAN \text{ ingresos}}{VAN \text{ costos /Gastos Brutos}} \quad (Ec. 53)$$

Donde:

VAN Ingresos Brutos: Valor actual neto de los ingresos / beneficios

VAN costos/gastos brutos: Valor actual neto de los costos/gastos

A continuación, se muestra el respectivo análisis en base a lo anteriormente indicado:

Tabla 149: Cálculo del beneficio / costo

Años	Ingresos	Egresos	Factor	VA Ingresos	VA Egresos
	A	B	(1+K)^t		
0	0	-2216541.05	1.00	0.00	-2216541.05
1	1982131.26	19588.87	1.18	1684196.84	10568.50
2	116319.90	51151.05	1.39	40568.30	25369.20
3	118844.04	19588.87	1.63	72905.24	12016.85
4	121993.41	19588.87	1.92	63588.43	10210.60
5	125153.04	19588.87	2.26	55429.83	8675.84
6	128907.63	65510.17	2.66	48511.11	12568.20
7	132065.86	19588.87	3.13	22365.20	6263.72
8	132686.57	19588.87	3.68	36050.43	5322.22
9	135844.51	19588.87	4.33	31360.72	4522.24
10	138996.11	239399.16	5.10	27265.09	22568.30
11	142749.00	19588.87	6.00	23792.38	3264.93
12	145889.48	51151.05	7.06	20660.90	7244.02
13	149668.02	19588.87	8.31	18010.04	2357.19
14	152811.05	19588.87	9.78	15624.31	2002.88
15	156585.48	19588.87	11.51	10528.30	1701.83
16	160343.53	65510.17	13.55	11836.37	4835.88
17	164127.64	19588.87	15.94	10294.59	1228.67
18	167902.57	19588.87	18.76	8948.40	1043.99
19	172268.04	19588.87	22.08	7801.05	887.07
20	176057.94	239399.16	25.99	6774.30	9211.52
VALOR ACTUAL NETO				2216512	2064677.37
RELACION BENEFICIO / COSTO				B/C	1.07

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

Como se puede notar la relación B/C es mayor a 1, por lo tanto, se puede determinar al proyecto como económicamente viable.

- Ruta Critica

Tabla 150: Ruta crítica del proyecto



Autores: Gómez & Suquillo, 2019

- **Fórmula polinómica del proyecto**

Es una herramienta que permite realizar la estimación del valor actual de ciertas actividades constructivas, las cuales fueron presupuestadas con fecha anterior a la actual, en si es una actualización del valor del presupuesto al año actual.

Para realizar la fórmula polinómica se toma en consideración el presupuesto original en donde se lleva a cabo el cálculo del presupuesto actual, en donde se agrupan ciertos componentes del análisis de precios unitarios tomando en cuenta ciertos criterios.

Tabla 151: Fórmula polinómica del proyecto

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

PROYECTO: ASFALTADO DE VIA MARISCAL SUCRE - BRISAS DEL JIVINO, LONGITUD=6.138 metros
UBICACION: COMUNIDAD BRISAS DEL JIVINO, PARROQUIA LA JOYA DE LOS SACHAS, CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS.

DESCRIPCION DE SIMBOLOS Y FORMULA DE REAJUSTE			
SIMBOLO	DESCRIPCION	COSTO DIRECTO	COEFICIENTE
A	ACERO EN BARRAS	22,589.60	0.108
B	MANO DE OBRA	205,896.50	0.134
C	CEMENTO PORTLAND-SACOS	50,625.30	0.038
D	BETÚN PETROLERO (ASFALTO)	127,939.84	0.046
E	EQUIPO Y MAQUINARIA DE CONSTRUCC. VIAL	950,684.20	0.442
F	ALCANTARILLAS DE LÁMINAS DE METAL Y ACC.	25,859.30	0.004
G	COMBUST.(MEZCLA%GASO%EXTRA%95%DIESEL)(PRECIOS INTERNA	80,569.40	0.030
M	MADERA ASERRADA, CEPILLADA Y/O ESCUADRADA (PREPARADA)	18,569.50	0.014
P	MATERIALES PÉTREOS	32,589.50	0.166
X	I.P.C. NACIONAL	30,458.50	0.018
		1,545,781.64	1.000

$$Pr = Po(0.108 A1/Ao + 0.134 B1/Bo + 0.038 C1/Co + 0.046 D1/Do + 0.442 E1/Eo + 0.004 F1/Fo + 0.030 G1/Go + 0.014 M1/Mo + 0.166 P1/Po + 0.018 X1/Xo)$$

PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA, 09 DE JUNIO DE 2018

EN DONDE:

- Pr = Valor reajustado del anticipo o de la planilla.
 Po = Valor del anticipo o de la planilla calculada con las cantidades de obra ejecutado a los precios unitarios contractuales descontada la parte proporcional del anticipo, de haberlo pagado.
- Bo = Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo, fijados por Ley o Acuerdo Ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de la participación de los trabajadores en las utilidades de empresa, los viáticos, subsidios y beneficios de orden social: esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta activadora, veintiseis treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de la oferta.
- B1 = Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo, fijados por Ley o Acuerdo Ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de la participación de los trabajadores en las utilidades de empresa, los viáticos, subsidios y beneficios de orden social: esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta activadora, veintiseis treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de la oferta.
- Co,Do,Eo...Zo= Los precios o índices de precios de los componentes principales vigentes 30 días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas, fecha que constará en el contrato.
- C1,D1,E1...Z1= Los precios o índices de precios de los componentes principales a la fecha del pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra.
- Xo = Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a la falta de este, el índice de precios al consumidor treinta días antes de la fecha de cierre de la presentación de las ofertas, que constará en el contrato.
- X1 = Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a la falta de este, el índice de precios al consumidor a la fecha del pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra.

Ing. Civil Ronal A. Mendoza Macías
 ELABORADO

Autores: Gómez & Suquillo, 2019.

CAPITULO 11

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 Conclusiones

- En el presente estudio topográfico del proyecto se realizó el levantamiento topográfico por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana, en una superficie de intervención aproximada de 32.5 hectáreas en donde para el abscisado transversal de faja, cada 5-5-5-5-5 metros y para el abscisado longitudinal de faja, cada 20 metros en línea recta y cada 10 metros en curvas. Una vez entregado el informe por parte del equipo topográfico del GADPO se indica que el tipo de terreno es Ondulado con un pendiente longitudinal promedio de 5%.
- Se determinó el Trafico Promedio Diario Anual para la vía en estudio dando un total de 179 vehículos para el año 2019, y un incremento de 286 vehículos para el año 2039 con un numero de ejes equivalentes de 303892, lo cual en función de lo indicado en la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras (2003), se determinó que la vía en estudio es de tipo IV la misma que tiene una función vecinal en donde el TPDA se encuentra dentro de un rango de 100-300 vehículos.
- Se determinó el tipo de suelo del proyecto, en donde se realizaron 13 calicatas a una profundidad de 1.50 m, para poder extraer una muestra inalterada del sector para posteriormente ser analizada en el laboratorio para así determinar que se tiene un suelo tipo SM y ML según la clasificación SUCS, y según la clasificación AASHTO se tiene suelos tipo A-2-5, A-2-4, A-4, A-5, A-6.

- La mina la cual se ha seleccionado en función de criterios tanto de distancia y permisos ambientales de explotación es la Mina La Realidad, la misma que se encuentra a 43 km de distancia con respecto al eje del centro de gravedad del proyecto.
- Se adoptó por ajustar las dimensiones de la vía para conservar el diseño del tramo anterior utilizando 2 carriles de 3.45m, espaldón de 0.60 m y cunetas de 0.85m a los 2 bordes de la vía. Estas dimensiones cumplen lo requerido por la norma MOP 2003 y garantizan un adecuado funcionamiento de la carretera.
- Dentro del diseño del pavimento flexible para un periodo de diseño de 20 años y según lo indicado en la metodología de diseño AASHTO 93, se obtuvieron los siguientes espesores: carpeta asfáltica: 7 cm, Base Clase 1A: 10.50 cm, Sub-Base Clase III: 15.50 cm y Material de mejoramiento: 25.50 cm
- En cuanto al diseño del drenaje transversal, únicamente se mantiene la alcantarilla existente en el cruce del Rio Jivino Rojo incluyendo una adicional de D=2.00m, las 5 alcantarillas existentes deben darse de baja y colocar 8 alcantarillas nuevas en los puntos indicados en los planos constructivos.
- En lo que respecta a la evaluación económica del proyecto se tiene una relación en donde el TIR (19.50% > TMAR (17.69%) lo cual indica que el proyecto es viable, respaldando de esta manera la relación beneficio /

costo, la cual tiene un valor > 1 , lo que significa que el proyecto es económicamente viable.

11.2 Recomendaciones

- Es fundamental que el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana lleve un control sobre el Plan de Manejo Ambiental del proyecto, en donde se indica claramente las causas y consecuencias de cada uno de los factores que pueden originar un impacto ambiental en la zona.
- Al encontrarse el proyecto en una zona rural es recomendable dar charla a los pobladores del sector sobre educación vial, teniendo como objetivo que los pobladores puedan entender y obedecer cada una de las señales de tránsito que se propuso en el diseño de la vía, con la finalidad de evitar algún tipo de accidente.
- Es importante tener en cuenta para la construcción del proyecto vial el estado del clima, ya que al encontrarse el proyecto en una zona con alta pluviosidad no permitirá que se lleve a cabo cada una de las actividades de construcción de la manera correcta y originaria un retraso en el cronograma indicado.
- Es importante tomar en consideración que una vez terminada la ejecución el proyecto, se debe realizar inspecciones como mínimo una vez en el año, esto con la finalidad de tomar las medidas correctivas adecuadas en el caso de que exista algún tipo de daño tanto en la estructura del pavimento como en las obras de drenaje longitudinal y transversal de la vía.

Bibliografía

- Actualizacion del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón La Joya de los Sachas.* (2015). La Joya de Los Sachas: Estudio Q3 Arquitectos Asociados.
- (2015). *Actualizacion y Fortalecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial La Joya de los Sachas.* Joya de los Sachas: Gobierno Autonomo Descentralizado La Joya de los Sachas.
- Alcantara, J. (2005). *Precios unitarios en la construccion* . Mexico.
- Cardenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras.* Bogota: Ecoe Ediciones.
- Chow, V. (1994). *Hidrologia Aplicada.* Bogota: Mc Graw-Hill.
- Condarco, P. (2016). *Analisis y procedimiento para un estudio de cargas por eje.* Instituto del Transporte y Vias de Comunicacion .
- Cotán, S. (2007). *Valoracion de Impactos Ambietales.* Sevilla.
- Duarte, A., & Martinez, S. (2011). *Manual practico de control de costos en obra civiles, aplicado a construccion de edificaciones. Enfoque basico para el ingeniero.*
- Guevara, F. (2015). *Análisis y ejecucion de movimiento de tierra empleando el diagrama de curva de masa.* Lima: Universidad de Piura.
- Guia AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos. (1993).
- Gutiérrez Caiza, C. (2014). *Hidrología basica y aplicada.* Quito: Abya-Yala.
- Higuera Sandoval, C. H. (2010). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos de carreteras.* Boyacá: UTPC.
- INEC. (2010).

- Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura IICA. (1996). *Evaluacion y seguimiento del impacto ambiental en proyectos de inversion para el desarrollo agricola y rural*. San Jose: Serie Publicaciones.
- Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia INAMHI. (2015). *Determinacion de ecuaciones para el calculo de maximas de precipitacion*. Quito.
- Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia INAMHI. (2017). *Anuario Meteorologico*. Quito.
- James, C. G. (2013). *Diseño Geometrico de Carreteras*. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Lemos R, R. (1999). *Drenaje vial Superficial y subterráneo*. Popayan.
- Ministerio de Obras Publicas. (2002). Especificaciones Generales para la construccion de caminos y puentes. Quito.
- Ministerio de Transporte de Obras Publicas del Ecuador NEVI-12. (2012). *Volumen 3: Especificaciones generales para la construccion de caminos y puentes*. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador. (2012). *Volumen 5: Procedimientos de Operacion y Seguridad vial*. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador NEVI 12. (2012). *Volumen 2- Libro B Norma para estudios y diseño vial*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo ministerial numero 28: Libro VI de la calidad ambiental*. Quito.
- Muñoz, J. (1995). *Geomorfologia General*. Madrid: Sintesis.
- Norma ASTM D 1557. (2006). Compactacion de suelos en laboratorio utilizando una energia modificada, proctor modificado.
- Norma ASTM D 1883. (2006). Ensayo para la determinacion de un indice de resistencia de los suelos denominado valor de la relacion de soporte CBR.

- Norma ASTM D 2216. (1988). Metodo de prueba estandar para la determinacion en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos y rocas por masa.
- Norma ASTM D 2487. (2015). Practica estandar para clasificacion de suelos para propositos de Ingeniera.
- Norma ASTM D 3282. (2004). Practica Estandar para la clasificacion de suelos y mezclas y de suelo - Agregado para fines de construccion de carreteras.
- Norma ASTM D 4318. (1984). Metodo estandar de ensayos para limite liquido, limite plastico e indice de plasticidad de suelos .
- Norma ASTM D422. (2016). Metodo de analisis del tamaño de las particulas de suelo .
- Norma de Diseño Geometrico de Carreteras.* (2003). Quito.
- Normas de Diseño Geometrico de Carreteras.* (2003).
- Pelaez, J. (2014). *Evaluacion del impacto ambiental de proyectos en desarrollo.* Colombia.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Orellana. (2015).
- Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1. (2011). *Señalización Vial Parte 1: Señalización Vertical.* Quito.
- Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2. (2011). *Señalización vial Parte 2: Señalización Horizontal.* Quito.
- Rivadeneira, M. (2004). *La cuenca Oriente: Geologia y Petroleo.* Quito.
- Rivera, F. (2013). *Propuesta de zonificacion ecologica economica del cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.* Quito.
- Rodriguez, B., & Calle, F. (2013). *DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE DRENAJE.* Cuenca: Universidad de Cuenca.

Salgado, N. (1989). *Caminos en el Ecuador Estudio y Diseño*. Quito: Universitaria Varela.

Secretaria de comunicaciones y transportes. (2001). *Modulos de resiliencia en suelos finos y materiales granulares*. Mexico.

Vera, V. (2017). *Estudio y diseño vial para la reconstruccion y ampliacion de la via comprendida entre el redondel de codesa y el redondel de las banderas en el barrio Esmeraldas, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas*. Quito.